UNIVERSITE DE GENEVE
Laboratoire de Géologie

FACULTE DES SCIENCES
Professeur: Ed. Paréjas

Observations géologiques sur les Alpujarrides occidentales

(Cordillères bétiques, Espagne)

THESE

PRESENTEE A LA FACULTE DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITE DE GENEVE
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR ES SCIENCES
GEOLOGIQUES ET MINERALOGIQUES

PAR

Jean-Pierre Copponex
de Genève (Suisse)

THESE n° 1.726

MADRID
TIP.-LIT. COULLAUT
MANTUANO, 49
1958

UNIVERSITE DE GENEVE
Laboratoire de Géologie

FACULTE DES SCIENCES
Professeur: Ed. Paréjas

Observations géologiques sur les Alpujarrides occidentales

(Cordillères bétiques, Espagne)

THESE

PRESENTEE A LA FACULTE DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITE DE GENEVE
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR ES SCIENCES
GEOLOGIQUES ET MINERALOGIQUES

PAR

Jean-Pierre Copponex
de Genève (Suisse)

THESE n° 1.726

MADRID
TIP.-LIT. COULLAUT
MANTUANO, 49
1958

1276/63

La Faculté des Sciences, sur le préavis de MM. les Professeurs Ed. Paréjas et M. Gysin autorise l'impression de la thèse présentée par M. Jean-Pierre Copponex, intitulée: «Observations géologiques sur les Alpujarrides occidentales (Cordillères Bétiques, Espagne)», sans exprimer d'opinion sur les propositions qui y sont énoncées.

Genève, Novembre 1958 Le Doyen: Ed. Paréjas

Thèse N° 1276

Extrait du «Boletín del Instituto Geológico y Minero de España»
Tome LXX, 1959

Depósito legal: M. 3.279.—1958

TABLE DES MATIERES

Pages

Avant-propos 3

Première partie. INTRODUCTION

1. Situation géographique 5
2. Situation géologique 6
3. Morphologie 8
4. Historique 9
5. Hypothèses des prédécesseurs 10
   a) Hollandais 10
   b) M. Blumenthal 12
   c) J. Sermet 12
   d) R. Staub 14

Deuxième partie. STRATIGRAPHIE

Introduction 17
Chapitre I.—Paléozoique 18
   a) Gneiss d'Almuñecar 18
   b) Schistes de Jete 20
   c) Schistes du Velilla 21
   d) Quartzites de la Mona 22
Chapitre II.—Trias 22
   a) Phyllites 22
   b) Werfénien 23
   c) Calcaires dolomitiques 24
      1. Calc.—2. Dol.—3. Megalodons 27
   d) Serie mixte 29
   e) Cargneules 29
Chapitre III.—Tertiaire 31
   a) Flysch éocène d'Alcaucin 31
   b) Molasse helvétienne 32
   c) Pliocène 33
Chapitre IV.—Quaternaire 34

Pages

Troisième partie. TECTONIQUE

Chapitre I.—Introduction 37
a) Charriage épiglyptique (=Reliefüberschiebung).. 38
b) Nomenclature 39
Chapitre II.—Description régionale 41
1. Nappe de Lanjaron entre Motril et Gualches..... 41
2. Sierra Almijara et environs..... 44
a) Velez-Benaudalla..... 44
b) Isbor 47
c) Guajar-Faraguit 53
d) Guajar-Alto 54
e) Klippes de Entresierras et Guindalera..... 56
f) Sierra des Chaparral 57
g) Nord de Lentegi..... 58
h) Las Casulas..... 59
i) Jaloche 62
j) Lopera 64
k) El Rescate 67
l) Synclinal et anticlinal de l'Almijara 69
m) Piedra Sillada 76
n) Entre Beznar et Jayena 77
o) Zone cotière 77
1, Entre Motril et Almuñecar..... 83
2. L'écaille del Sol..... 84
A. Aperçu minier..... 88
B. Microtectonique 90
3. Nappe de Malaga 94
a) Problèmes paléogéographiques 97
b) Age du métamorphisme..... 99
4. Sierra Tejeda 100
5. Fenêtre de Benamargosa..... 103
6. Remarque sur la Mischungszone..... 104
7. Comparaison avec les Alpujarrides orientales..... 105
Chapitre III.—Les phases de plissement..... 108

Quatrième partie. CONCLUSIONS

1. Résumé 114
2. Resumen (résumé espagnol)..... 115
Bibliographie..... 125

AVANT-PROPOS

C'est la lecture déjà ancienne de l'admirable synthèse de M. le Professeur Paul Fallot sur les Cordillères bétiques (30) qui a suscité mon intéret pour les régions dont il va être question.

Grâce à l'appui de mes professeurs, en particulier de M. le Professeur Edouard Parejas, alors doyen de la Faculté des Sciences de l'Université de Genève, j'ai obtenu en octobre 1955 una bourse d'étude offerte par le «Consejo Superior de Investigaciones Científicas» espagnol, ce qui m'a permis de mener à bien la tache que je m'étais proposée, soit une étude sur les Alpujarrides occidentales. Cette étude a été entreprise sous la direction de M. le Professeur Ed. Parejas que je remercie vivement pour tout ce qu'il a fait pour moi pendant mon travail, et pour m'avoir accompagné pendant quelques jours sur le terrain, en avril 1957.

Pour l'étude pétrographique, que je n'ai pas poussée, M. le Professeur M. Gysin a été le meilleur des conseillers.

En août 1956, M. le Professeur P. Fallot me rendit visite sur le terrain lors d'une tournée passionante dans le Bétique dont il est, comme chacun sait, le grand connaisseur. Son assistant, M. le Dr. M. Durand Delga, a bien voulu me déterminer certains Foraminifères du Flysch d'Alcaucin.

M. le Dr. J. M. Fontboté, professeur de géologie à Grenade, m'a constamment soutenu de son aide efficace; ses visites et sa connaissance poussée des Alpes et des Pyrénées me furent précieuses. De plus, il m'a partiellement traduit les auteurs hollandais qui me restaient obscurs; enfin, il mit son laboratoire de l'Université de Grenade à mon entière disposition.

M. le Professeur L. Solé Sabarís, de Barcelone, m'ouvrit les portes de sa riche bibliothèque.

F. Fernex, Ing.-Géologue, m'a accompagné un mois sur le terrain; ses remarques pertinentes m'ont été très utiles, de même que ses observations inédites sur la région de Lorca (Alpujarrides orientales).

Comme chacun sait, dans une thèse, l'apport des camarades de laboratoire est notable. Je pense surtout à mon ami A. Perrenoud, auquel je dois de nombreuses remarques et suggestions intéressantes. J'ai bénéficié aussi des critiques du Padre E. de Aguirre, de Grenade, et de R. Murat, Dr. ès Sc.

Sur le terrain, l'accueil si merveilleusement spontané et désintéressé des indigènes m'a beaucoup facilité le travail; je remercierai surtout doña M. González, d'Almuñecar.

Pour l'impression du texte et des cartes, j'ai été comblé par la grande générosité espagnole. L'«Instituto Geológico y Minero de España» me fit l'honneur d'accepter mon étude dans le cadre de ses travaux, après intervention de MM. les Professeurs J. M. Fontboté et J. M. Ríos, que je remercie très vivement.

En résumé, que tous ceux qui m'ont aidé d'une façon ou d'une autre, soient assurés de ma profonde reconnaissance.

Première partie

INTRODUCTION

1. Situation géographique

La région étudiée au 1:50.000 est située de part et d'autre de la limite entre les provinces de Grenade et de Malaga, à l'ouest des Alpujarras [1]. Elle correspond à la feuille Motril (No. 1055) et à la moitié sud de la feuille Durcal (No. 1041), au 1:50.000, de l'Instituto Geográfico Catastral. La Sierra Almijara [2], sauvage et belle, en forme le trait orographique majeur; essentiellement formée de Trias calcaréo-dolomitique, elle est séparée de la mer par una série de collines schisteuses paleozoïques. Au nord de la Sierra, à 1.300 m. d'altitude environ, s'étend un grand plateau planté de pins, presque inhabité, et entaillé dans sa partie ouest par des afluents du río Cacin.

En colligeant les cartes des prédécesseurs et les mi-

1) Il faut distinguer entre les Alpujarrides, unité géologique étendue sur près de 300 Km. entre Murcie et Malaga, et les Alpujarras, entité géographique d'extension bien plus réduite (c'est dans ces Alpujarras, au sud de la Sierra Nevada, que se réfugièrent les derniers Maures en Espagne, vers 1.600).

2) Le terme de Sierra Almijara ne représente pas sur toutes les cartes la même entité géographique. Les indigènes appellent Sierra Almijara toute la chaîne montagneuse comprise entre Piedra Sillada à l'ouest et Entresierras à l'est, chaîne culminant à 1.834 m. à la Navachica, limite des provinces de Grenade et de Malaga. J'utiliserai leur définition.

ennes, j'ai dressé aussi une carte géologique des Alpujarrides occidentales, au 1:200.000, qui occupe une bande côtiére de 30 Km. de large entre la transversale d'Albuñol (prov. Grenade) et celle de Benamargosa (prov. Malaga) 100 Km. à l'ouest.

Fig. 1.—Croquis hydrographique de la région étudiée au 1 : 50.000e, avec les principaux lieux cités dans le texte.

2. Situation géologique

On sait que les Cordillères bétiques se divisent en 3 vastes zones longitudinales (fig. 2):

1) Une zone externe, septentrionale, formée de terrains autochtones, plissés ou localement écaillés: Le Prébétique.

2) Le Prébétique disparait sous le front chevauchant d'un complexe différent composé d'une série stratigraphique allant d'un Trias à facies germano-andalou au Crétacé sup. C'est le Subbétique.

3) La zone subbétique est à son tour chevauchée par un complexe caractérisé par du Paléozoique et du Trias à facies alpin. C'est le Bétique proprement dit, à son tour subdivisé en plusieurs complexes.

Subdivision du Bétique

Le Bétique proprement dit comprend 3 grands ensembles.

Le plus profond apparait dans la fenêtre anticlinale de la Sierra Nevada, cernée d'une zone triturée d'âge douteux, la Mischungszone, et surgissant au milieu du 2ème

Fig. 2.—Encadrement géologique de la zone étudiée, d'après une carte de P. Fallot (30).

ensemble formé de une, deux, ou trois nappes selon les auteurs: Les Alpujarrides.

Les Alpujarrides s'ennoient à l'est et à l'ouest sous la 3ème grande unité du Bétique, un complexe essentiellement paléozoique appelé «nappe de Malaga».

L'étude ci-dessous est consacrée à la terminaison ouest des Alpujarrides, a l'exception de la Sierra Tejeda qui a déjà fait l'objet de travaux de van Dedem (23) et M. Blumenthal (15).

3. Morphologie

Le relief est tout différent selon que l'on se trouve dans les régions schisteuses paléozoiques ou calcaires triasiques. Les calcaires déterminent un relief accidenté, alors que l'érosion des schistes laisse un relief tout en courbes

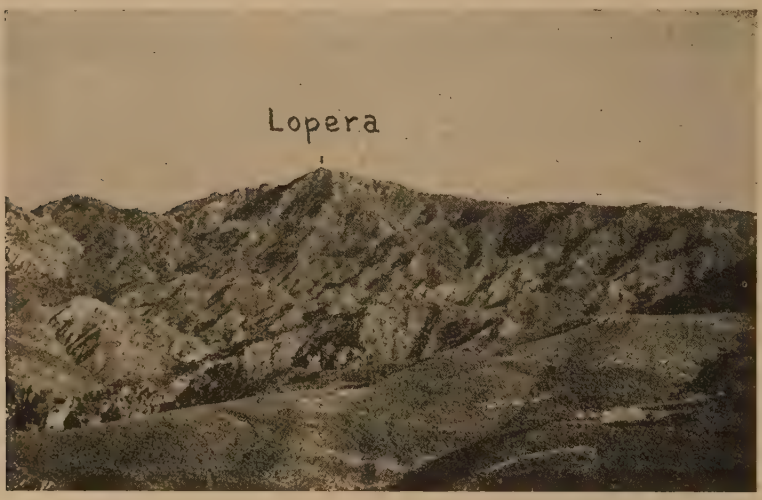


Fig. 3. - Paysage dolomitique. La Lopera va du Jaloche. C'est dans ces dolomies, probablement noriennes, que l'on rencontre quelques rares gisements de Megalodons,

---

Liste des termes laissés en espagnol dans le texte et sur les cartes:

A. = arroyo	ruisseau
Bco. = barranco	ravin
Co. = camino	chemin
cerro	colline, sommet
Cjo. = cortijo	maison de campagne
fuente	fontaine
loma	coteau, hauteurs
nacimiento	source
Rbla. = rambla	ravin important
río	rivière, fleuve
sierra	chaîne de montagnes
vega	plaine alluviale fertile
V. = venta	auberge

et en collines. Le contraste est d'une netteté qui se voit rarement ailleurs dans les Alpes.

Sur la côte, dont a parlé J. Sermet (48), des dolomies triasiques beaucoup plus dures que les schistes occupent les caps, à l'exception du Peñón del Santo, qui, d'ailleurs, peut être l'héritage d'un ancien revêtement dolomitique. Les plages, allongées en courbes harmonieuses par un courant côtier ouest-est, se devéloppent exclusivement à partir des schistes alors que les dolomies présentent des falaises parfois imposantes (au Cerro Gordo: 210 m.). Mais l'affaisement relatif actuel de la Méditérranée estompe le contraste et laisse des falaises aussi dans les schistes parfois, et dans le cône de déjection pliocène de Nerja (falaise de 60 m.). Les preuves d'émersion ne manquent pas; l'érosion à déjà passablement abimé les plateformes d'abrasion soulevées dont on ne voit des lambeaux que sur le flanc est du Cerro Gordo; mais les terrasses récentes et le tracé peu hésitant des cours d'eau prouvent l'émersion actuelle.

Dans la Sierra Almijara la ligne de partage des eaux du bassin méditerranéen au sud, et du bassin molassique de Grenade, au nord, sépare 2 versants très asymétriques. Au sud de cette ligne, les vallées sont encaissées, les relief accusé. Au nord, c'est une pénéplaine; le niveau de base, la véga molassique, est à quelque 600 m. d'altitude. Le contraste est des plus frappants depuis le sommet du Lopera. Dans la région est, les affluents sont tributaires du Guadalfeo et leur niveau de base est compris entre 200 et 500 m.

4. Historique

La région qui nous occupe a été depuis longtemps parcourue par les géologues mais, à l'exception de M. Blumenthal (15), aucun n'a dressé une carte à échelle inférieure au 1 : 400.000^{e}.

Sans remonter trop loin dans le temps, il faut citer Gonzalo y Tarín qui, en 1881, a donné une description de la province de Grenade (37).

En 1889, la «Mission d'Andalousie», envoyée de Paris

pour étudier le violent tremblement de terre de 1884, publiait un important mémoire signé par M. Bertrand, W. Kilian, A. Michel Lévy, J. Bergeron, Ch. Barrois et A. Offret et dans lequel Barrois et Offret s'occupaient de notre terrain. Une carte au 1 : 400 000ème accompagne ce mémoire (8).

En 1902, L. Mallada publiait sur le terrain silurien d'Espagne et consacrait quelques lignes à notre région (41, p. 241).

Enfin, en 1922, D. Orueta donnait une excellente description pétrographique de la Sierra Almijara et des environs et accompagnait son travail d'une esquisse géologique au 1 : 400.000ème. Mais sa méconnaisance de la tectonique rend sa série stratigraphique fantaisiste (43).

Les études relativement détaillées ne commençèrent qu'avec M. Blumenthal qui, de 1927 à 1935, égrena sur les chaînes bétiques une serie de travaux dont le plus intéressant pour nous est consacré en partie aux Alpujarrides occidentales (15).

Les élèves hollandais du Professeur H. A. Brouwer, de Delft, en particulier K. W. van Bemmelen et J. Westerweld, se sont occupés de la Sierra Nevada et des nappes alpujarrides à l'est du rio Guadalfeo, c'est à dire à l'est du terrain étudié dans ce travail (7, 9, 56, 57).

Parmi les essais d'interprétation tectonique des Alpujarrides en général, les plus importants sont ceux des hollandais (7, 9, 19, 56), de R. Staub (53), de M. Blumenthal (15) et de P. Fallot (30).

5. Conclusions des prédécesseurs

a. Conception de l'école hollandaise

Les auteurs hollandais divisent l'ensemble alpujarride en 3 nappes superposées (fig. 4). La plus inférieure, dite de Lujar, apparait dans la célèbre fenêtre d'Albuñol, sous les schistes paléozoiques de la nappe médiane, dite de Lanjaron ou de Gador, et qui serait de beaucoup la plus étendue des 3 nappes (9, 19, 56).

La nappe de Lujar réapparaitrait en fenêtre anticlinale également au nord-est de Motril, en formant l'Escalate notamment. Le substratum de cette nappe de Lujar n'est pas connu. C'est à cause de l'hétéropisme de facies entre son Trias calcaire, de type alpin, et le «Trias» gypseux et schisteux de la Mischungszone que cette nappe fut considérée comme charriée. Si la série de Lujar était autochtone, le passage de facies d'un Trias à l'autre se ferait en moins de 2 km., ce qui fut considéré comme improbable et qui justifie l'hypothèse d'une nappe de Lujar.

C'est par la nappe de Lanjaron que se ferait la superposition des séries alpujarrides sur la Sierra Nevada, par l'intermédiaire de la Mischungszone.

Au dessus de la nappe de Lanjaron, une nouvelle unité fut admise, notamment dans la Sierra de las Guajaras, la nappe de Guajar (fig. 4).

En 1933, A. H. Banting a apporté une variante a l'interprétation de ses collègues en remplaçant les nappes de Lujar et de Lanjaron-Gador par un pli-nappe de Lujar-Gador (6).

Selon les auteurs hollandais, le territoire que j'étudie ici [1] devrait appartenir à la nappe de Lanjaron-Gador disparaissant périclinalement à l'ouest sous le Paléozoique de la nappe de Malaga. Dans la Sierra Almijara, on devrait rencontrer selon eux, la nappe de Guajar, au dessus de celle de Lanjaron-Gador.

---

1) Pour la cartographie, j'ai utilisé un fond topographique paru postérieurement aux publications hollandaises. Les cartes au 1 : 50.000 (feuille Durcal, parue en 1931, et feuille Motril, parue en 1940) ont été levées par des moyens tachéométriques; elles n'ont pas la précision des cartes photogrammétriques mais se sont revelées en général satisfaisantes. Sur quelques kilomètres carrés, des imprécisions m'ont cependant gêné, au nord de Molvizar par exemple où une colline quelque peu fantaisiste est dessinée.

J'ai utilisé aussi les feuilles Grenade et Malaga, au 1 : 200.000e, publiée en 1935 par l'Instituto Geográfico, et qui n'ont pas la précision des nouvelles cartes militaires à la même échelle, parues en décembre 1956 et que je n'ai pas pu obtenir à temps.

b) Hypothèse de M. Blumenthal

Dans son travail de 1927, M. Blumenthal considère que les calcaires de la côte (affleurements isolés, Cerro Gordo, etc.) sont la racine de la nappe de Lanjaron que l'on retrouve au nord formant la Sierra de Chapparal. La zone gneissique côtière représente alors la base de cette nappe. Le massif de Llanadas appartient au dos de la nappe de Guajar dont le coeur est formé par la zone gneissique situé entre le Llanadas et la Sierra de Chapparal.

En 1935, M. Blumenthal qui avait déjà publié de fructueux travaux sur les cordillères bétiques, s'arrête sur une partie de la région étudiée ici et en donne 3 esquisses tectoniques au 1 : 100.000e et, surtout, suggère qu'il n'y a pas empilement de nappes comme l'admettent les hollandais et R. Staub, mais au contraire charriage épiglyptique (= Reliefüberschiebung) d'une nappe schisto-gneissique sur le Trias calcaréo-dolomitique considéré comme autochtone ou parautochtone.

La position des klippes schisteuses et gneissiques sensées venir de la côte ne peut s'expliquer, en effet, que par leur charriage sur un relief préexistant et fortement accidenté. Ainsi, le Paléozoïque, plutôt plastique, se serait insinué dans les dépresions pour les combler et aurait contourné certaine reliefs qui émergeraient actuellement comme des îlots.

La position de ces klippes semble, à première vue, indépendante du relief actuel. On en trouve en effet au fond des vallées (Guajar Alto) comme près des sommets (Guindalera, Entresierras).

Selon M. Blumenthal, on a donc là ce que O. Ampferer a décrit jadis sous le nom de «Reliefüberschiebung» et que P. Fallot a traduit par «charriage épiglyptique».

c) Hypothèse de J. Sermet

La carte de la thèse de J. Westerweld se termine à Gualches à l'ouest. La région située entre Gualches et Motril n'a encore fait l'objet d'aucune publication à une échelle inférieure au 1 : 400.000e.

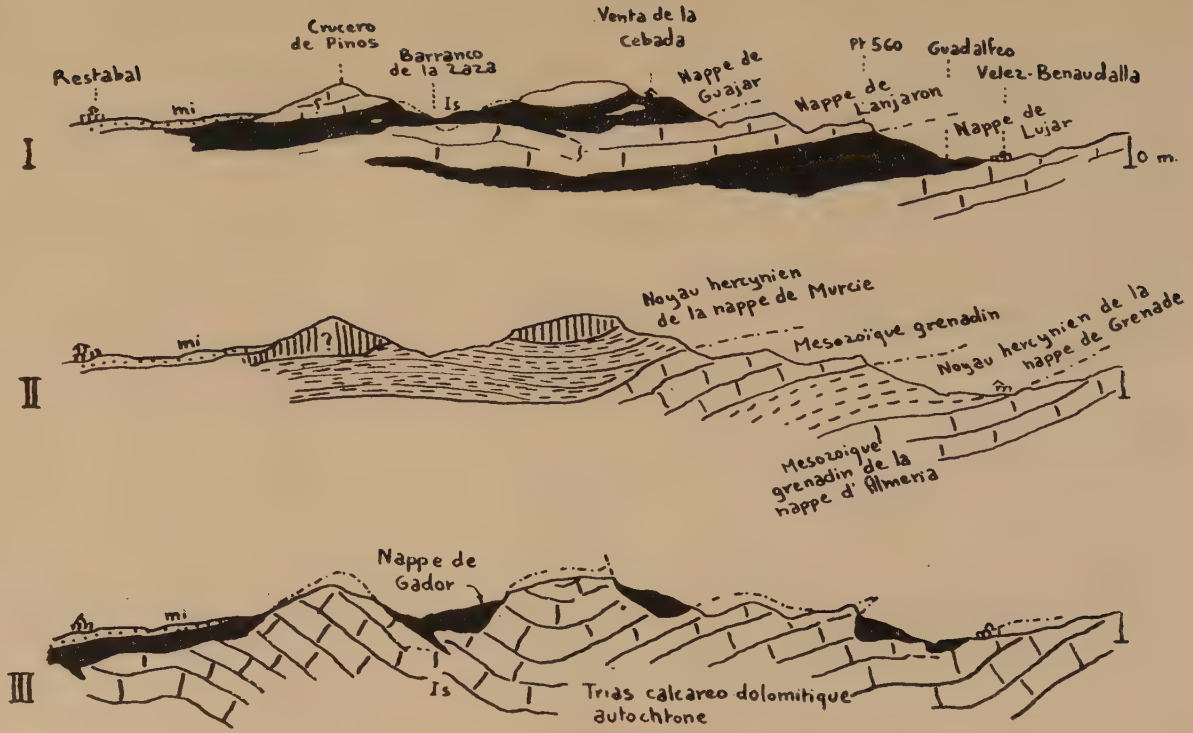


Fig. 4.—Profils au 1 : 100.000 montrant les différentes interprétations tectoniques de l'extrémité N.-E. de la sierra de las Guajaras.

I, Empilement de 3 nappes. Ecole de H. A. Brouwer (Hollande 1928-1933). II, R. Staub (1934). III, Charriage épiglyptique de la nappe de Gador sur un soubassement triasique parautochtone ou autochtone. M. Blumenthal (1935).

J. Sermet a parcouru la région mais n'en donne aucune carte. Ce géographe ultra-autochtoniste émet une interprétation intéressante mais très personelle de cette zone, formant partie de la Sierra Contraviesa (46). Il constate que le Trias (alias série calcaréo-dolomitique) épouse parfaitement les ondulations de la «surface d'érosion prétriasique» du substratum paleozoïque (alias phyllites et série plus profonde) sur laquelle il repose. La couverture calcaréo-dolomitique reposerait donc en discordance sur la «surface d'érosion pré-triasique» qu'elle aurait fossilisé. On verra que la «surface d'érosion pré-triasique» est, en réalité, la surface de contact entre la série phylliteuse et sa couverture calcaréo-dolomitique triasique, décollée comme il est normal entre 2 séries à caractéristiques mécaniques si différentes.

J. Sermet admet que «Trias» et «Paléozoïque» on été plissés ensemble en un anticlinal est-ouest à ondulations transverses nord-sud. Ce que j'ai vu de la Sierra Contraviesa, dans sa partie ouest, correspondait à une couverture calcaire triasique décollée sur les phyllites de base, comme au Cerro Gordo de Motril. Il est possible que la série soit normale dans toute la Sierra Contraviesa mais l'autochtonie ne saurait alors être que locale et l'interprétation du contact calcaires-phyllites doit être différente de celle de J. Sermet.

D'ailleurs le Professeur P. Fallot a montré par la paléogéographie que l'autochtonie des alpujarrides était insoutenable (30).

J. Sermet a noté encore que les accidents transverses nord-sud de l'anticlinal de la Contraviesa se retrouvent dans le synclinal des Alpujarras au nord. Il y a là une tectonique transversale que je n'ai pas pu mettre en évidence sur le territoire étudié.

d) Conception de R. Staub

Le Professeur R. Staub interprète la région encore différemment (53). Mais il est assez naturel que les conceptions oscillent autour d'une position d'équilibre avant

d'atteindre leur forme définitive. Les Alpujarrides occidentales offrent un bel exemple à ajouter à ceux du fameux, système thèse-antithèse-synthèse de Hegel ! Pour R. Staub on a à faire à la nappe de Grenade, séparée du cristallin de Sierra Nevada par une zone de stratigraphie douteuse, la Mischungszone, homologue des schistes lustrès du Pennique.

Cette nappe de Grenade comprendrait à sa base une digitation appelée nappe d'Almeria. Au dessus de la nappe de Grenade apparaitrait la nappe de Murcie qui serait à peu prés l'equivalent de la nappe de Guajar des auteurs hollandais.

On voit donc que l'interprétation de cette région diffère avec chaque auteur. Seule une étude détaillée de la stratigraphie et de la tectonique du Trias local pouvait donner une solution objective du problème. C'ést ce que je me suis proposé de faire dans ce travail. L'existence de la magnifique synthèse du Prof. P. Fallot sur les Cordillières bétiques me dispense, je crois, de m'étendre sur les généralités concernant les Alpujarrides occidentales et, après un bref résumé stratigraphique, j'entrerai directement dans le vif du sujet, c'est à dire dans la description et l'interprétation régionales.

Deuxième partie

ESTRATIGRAPHIE

«Au reste, la fine tectonique, qui conduit parfois, je n'ai pas à dire comment, à faire de bonne stratigraphie sans fossiles, sait aussi découper dans la durée, sans dépots datables, des phases dont on connait au moins l'ordre de succession».

E. Argand

(La tectonique de l'Asie, p. 225)

Introduction

Les Alpujarrides sont formées de terrains paléozoiques et triasiques dont les rapports tectoniques réciproques sont loin d'être élucidés. Les auteurs précédents, déroutés par la complexité des accidents tectoniques, se sont contentés de subdiviser le Trias alpin des Alpujarrides en 2 complexes: Le massif calcaréo-dolomitique au sommet et une zone phylliteuse, supposée partiellement werfénienne à la base.

Tout récemment, les professeurs P. Fallot et L. Solé Sabarís (33) ont pu distinguer dans la Sierra de Baza, alpujarride, au nord de Sierra Nevada, le Norien, le Ladinien et l'Anisien, grâce à quelques rares algues calcaires.

Sur les cartes, j'ai subdivisé le Paléozoique en Paléozoique récent et Paléozoique ancien; celts subdivision est arbitraire mais, par homologie avec les facies du Rif (32),

elle doit correspondre à peu près à une subdivision en Paléozoique post et anté-Gothlandien.

I. Paléozoique

a) Gneiss d'Almuñecar et schistes cristallins

Les schistes cristallins forment une grande région de collines entre Almuñecar et Motril Ils sont semblables à ceux qui sont bien développés, à l'ouest entre Nerja et Torre del Mar, où Blumenthal les met dans sa nappe de Malaga, et à l'est entre Gualches et Adra où Westerweld les incorpore à sa nappe de Lanjaron.

Ce sont des schistes micacés à andalousite, staurotide, tourmaline ou grenats, des quartzites et des gneis micacés à plis ptygmatitiques. D. Orueta les a déjà décrits et en a étudié de nombreuses coupes minces. Je ne ferai que corriger sa série stratigraphique qui est la suivante:

amphibolites ou gneiss amphiboliques
quartzites à épidote
micaschistes à grenats
micaschistes à chloritoïde
calcaires dolomitiques et dolomies à pyroxène
calcaires dolomitiques
micaschistes à andalousite et staurotide
micaschistes
micaschistes feldspathiques
gneiss micacés
gneiss glandulaires

Cette série est inexacte car l'auteur a échantilloné sur des séries renversées ou charriéss. Il faut la rectifier de la façon suivante, en respectamt si possible les termos ci-dessus:

calcaires dolomitiques et dolomies triasiques
calcaires dolomitiques et dolomies à pyroxène (et à trémolite)
micaschistes à chloritoïde (=phyllites)

quartzites à épidote et micaschistes divers (=quartzites de la Mona, schistes de Jete et du Velilla)
micaschistes à andalousite, staurotide et grenats, alternant avec gneiss micacés et oeillés (= gneiss d'Almuñecar).

Cette succession corrigée, les excellentes descriptions pétrographiques de D. Orueta conservent toute leur valeur. Pour aller au plus pressé, dans la Sierra Almijara, il s'agissait ensuite moins de pousser l'analyse pétrographique que de concentrer les efforts sur la compréhension tectonique qui es dificile. «Ohne Petrographie kein gesicherter geologischer Fortschritt» disait R. Staub. Dans le cas qui nous occupe, je renvoie à Orueta pour une description pétrographique détaillée.

Les gneiss, que j'appelerai après Blumenthal «gneiss d'Almuñecar» et les schistes cristallins avec lesquels ils alternent, dérivent vraisemblablement d'une série compréhensive originellement gréso-schisteuse, non datée mais probablemet anté-gothlandienne (voir p. 33). Ces roches sont des ectinites normales de la séquence alumineuse [1], à la limite entre les micaschistes inférieurs et gneiss supérieurs (zones Y^1 et Z^2 de la classification de Jung et Roques).

L'augmentation des éléments blancs, du quartz surtout, donne des roches leucocrates, de structure granoblastique à lépidoblastique grenue, que j'ai essayé d'individualiser sur la carte. Ce sont des passées ou plutôt des lentilles, éparses dans le serie schiste-gneissique. Le boulversement de cette série est tel qu'il est illusoire de vouloir en donner une épaisseur correcte, mais il est certain que l'ensemble, qui est si bien développé entre Almuñecar et Motril, fait plusieurs centaines de mètres d'épaisseur.

---

1) Comme chacun sait, les termes de structure, texture, séquence, ainsi que d'autres relatifs aux roches cristallophylliennes ont été employés dans des sens divers par les différents auteurs. Dans le texte qui suit, ils correspondent aux définitions qu'en donnent J. Jung et M. Roques (40).

b) Schistes de Jete

M. Blumenthal a nommé schistes de Jete, du nom du village près duquel ils sont bien développés, l'ensemble complexe schisteux stratigraphiquement sous les phyllites et sur les gneiss d'Almuñecar (15). Ce sont essentiellement des schistes séricitiques et quartzitiques et des quartzites clairs, admettant des passées phylliteuses de plus en plus nombreuses en montant dans la série. Ces schistes admettent aussi des passées de calcaires dolomitiques brun ocre à jaune, qui sont typiques du haut de la série mais qui, pouvant descendre en passées isolées très bas dans la série, ne forment pas de bons niveaux repères. Il existe tous les termes de passage entre les phyllites werfénienes, ces schistes de Jete et les gneiss d'Almuñecar.

Il est probable que, comme les schistes de Casanna du Pennique valaisan, les schistes de Jete sont des paradérivés de roches détritiques argilo-gréseuses du type compréhensif.

Sur les cartes, j'ai placé arbitrairement la limite entre Paléozoïque ancien et Paléozoïque récent entre le groupe des schistes cristallins et gneiss d'Almuñecar et le groupe des schistes de Jete, du Velilla et des quartzites de la Mona (voir p. 21).

Il est une constatation qui gène l'observation de la continuité stratigraphique entre les schistes de Jete et les gneiss de Almuñecar; c'est que le comportement mécanique des deux unités est totalement différent. Il ne semble pas que ce soit uniquement le résultat de différences de plasticité:

On constate que les schistes de Jete se présentent généralement en grandes séries isoclinales (ex.: Ouest de Velez-Benaudalla, Las Casulas, etc...). Les gneiss d'Almuñecar sont, par contre, totalement désordonnés et, malgré une multitude de mesures, on n'en sort aucune ligne directrice de plissement [1].

---

1) La même remarque est à faire entre le Paléozoïque récent de Malaga, généralement calme, isoclinal (entre Benamargosa et la mer

La première idée qui vient pour expliquer cette différence de comportement mécanique est que les gneiss d'Almuñecar, seuls, on subi l'orogenèse hercynienne, ou peut-être même calédonienne [1], qui les a fortement travaillés. Mais aucune ligne directrice de plissement hercynien ne peut être mise en évidence ni sur le territoire étudié, ni dans toutes les Alpujarrides. De plus, la continuité stratigraphique entre les phyllites et les gneiss d'Almuñecar implique, dans l'hypothèse admise que les phyllites sont partiellement werféniennes, l'absence d'orogenèse hercynienne notable dans les Alpujarrides.

On peut se demander si cette continuité stratigraphique n'est pas qu'apparente et si elle ne résulte pas d'une convergence de facies due au métamorphisme alpin et masquant l'éventuelle discontinuité originelle. Mais E. Argand a montré qu'un matériel mort rejoue à l'orogenèse suivante selon des lignes directrices de plissement différentes. Or, les axes de plissement sont systématiquement les mêmes dans les 2 séries, c'est à dire est-ouest, ce qui ne serait sans doute pas le cas si l'orogenèse hercynienne avait été marquée.

c) Schistes du Velilla

J'ai appelé «schistes du Velilla» un complexe schisteux formant la colline du Velilla à l'est d'Almuñecar. Les schistes du Velilla ont tous les caractères des schistes de Jete et n'en diffèrent que par la présence en abondance de l'épidote. Cette épidote forme parfois des lits de plusieurs cm. d'épaisseur interstratifiés dans les schistes à épidote proprement dits. Sous le microscope, elle est rongée et épigénisée par le quartz. Elle est présente non seulement comme constituant essentiel des schistes, mais encore en remplissage de fissures.

---

par exemple) et la Paléozoïque ancien de Malaga, toujours profondément bouleversé (entre Velez-Malaga et Nerja par ex.)

1) Notons ici que la phase taconique, de l'orogenèse calédonienne, est importante en Kabylie (24).

d) Quartzites de la Mona

J'ai appelé «quartzites de la Mona» les roches bien développées au nord de la Punta de la Mona et formant les collines entre Almuñecar et le río de la Miel. La série est essentiellement formée de quartzites à épidote et de schistes micacés décrits par Orueta. Ces quartzites de la Mona représentent la séquence arénacée d'une zone d'iso-métamorphisme comprenant les schistes de Jete et ceux de Velilla (voir p. 20). Ces 3 groupes des roches de même âge, sont mal datés; ils sont pris stratigraphiquement entre les schistes cristallins probablement anté-gothlandiens et les phyllites partiellement werféniennes.

Quelques très rares passées calcaires dans les quartzites de la Mona confirment l'analogie de position stratigraphique avec les schistes de Jete qui contiennent aussi des passées calcaires dans le haut de leur série. Notons par exemple, un banc de quelques décimètres d'épaisseur, de calcaire brun-jaune vacuolaire, à 1,0 km. au S. 70° E. du Cerro del Sol et une lentille formant le Pt. 518 (camino del Cerval).

Un changement de facies des quartzites, visible a l'œil nu, est général pour tout le contact tectonique entre l'écaille dolomitique du Cerro del Sol (voir p. 84) et les quartzites de la Mona. Il marque l'apparition de la biotite en abondance et de petits grenats. A 500 mètres au S.E. de La Herradura, une coupe mince m'a donné également de la sillimanite dans un fond de quartz et d'albite porphyroclastiques. La présence, toute locale, de sillimanite, caractèristique d'une zone de métamorphisme plus profonde, doit s'expliquer par le dynamométa morphisme développé au contact tectonique.

II. Trias

a) Phyllites

Les phyllites sont bien développeés à l'est de la transversale Motril-Velez où elles forment un pays des collines très arrondies. Ce sont des roches bleutées, satinées,

écrasées, dont il est difficile d'obtenir une coupe mince; elle sont formées de quartz, de séricite, de chlorite et de quelques minéraux accesoires déjà signalés par la Mission d'Andalousie: chloritoïde, sidérose avec blende et calamine en quantités négligeables. De fortes concentrations de quartz hydrothermal et de chlorite acompagnent ces phyllites qui donnent une terre bleutée, presque inculte, appelée «launas» par les indigènes. Ces phyllites forment entre Motril et Velez une forte série isoclinale de 1,8 kilomètre d'épaisseur apparente, recouverte par une couverture calcaire décollée (Cerro Gordo, Escalate). Il est plus que probable que cette grande épaisseur soit due à de violents replis isoclinaux (Pl. I. profil 1) dont les charnières m'ont échappé.

Au sud du Jaloche et près d'Itrabo, les phyllites ont perdu en partie leur caractère satiné, savonneux, et se rapprochent pétrographiquement des schistes de Jete. C'est vraisemblablement le résultat de l'augmentation de métamorphisme d'est en ouest.

L'âge des phyllites a une grande importance. Je me suis attardé sans succès à découvrir des restes organiques déterminables. Si ces phyllites sont partiellement werféniennes (à cause du gypse, voir plus bas) comme il est admis, cela implique l'abscense de mouvements orogéniques hercyniens notables; car elles paraissent concordantes et plissées avec le Paléozoïque.

b) Werfénien

Le passage stratigraphique des phyllites aux calcaires sus-jacents est assuré par un complexe lithologique comprenant des quartzites blancs séricitiques, des phyllites verdâtres, du gypse et des calcaires dolomitiques brun-ocre d'un type particulier pouvant descendre en intercalations isolées assez bas dans la série phylliteuse. L'âge réellement werfénien de ce complexe n'est étayé par aucun fossile; seule la présence de gypse le rend probable. On sait en effet que le gypse, en dehors du Tertiaire, ne se recontre guère dens les Alpes qu'au Werfénien.

Ce complexe werfénien se trouvant entre des calcaires et des phyllites à caractéristiques mécaniques très différentes, est fréquemment supprimé ou réduit par le laminage. Mais il est bien développé au nord de Motril entre les km. 68 et 69,5 de la route Grenade-Motril.

Au km. 63,3 de cette route s'ouvre à l'ouest une carrière de gypse impur formant une lentille de plus de 6 m. d'épaisseur passant latéralement progressivement à des alternances de quartzites brunatres très clairs, de phyllites vertes et bleues et de calcaires bruns, avec une pasée d'un calcaire argileux bitumeux brun foncé. Il y à d'autres carrières de gypse dans la région.

Le gypse est absegt à l'ouest de la transversale Motril-Velez. Directement sous les calcaires triasiques apparaissent soit les schistes de Jete, soit des phyllites de passage à ces schistes, c'est à dire plus métamorphiques que celles de la région Motril-Velez.

Les bancs calcaires bruns sont représentés sur tout le territoire dans le haut de la série phylliteuse qui, à l'ouest passe aux schistes de Jete par augmentation de métamorphisme. On voit ces calcaires en abondance dans les schistes autour du Rescate, au sud du Cjo Almijara, au nord de Casulas et entre Itrabo et Otivar. Sous le microscope, ils n'offrent rien de remarquable sauf un peu de quartz authigène.

c) Calcaires et dolomies

La divergence de vues entre M. Blumenthal et les auteurs hollandais ne pouvait être arbitrée que par une connaissance poussée de la stratigraphie de la série calcaréo-dolomitique.

Dans les Alpujarrides, cette série calcaréo-dolomitique a toujours été considérée comme une seule unité stratigraphique.

Pour l'analyse tectonique un peu poussée que je m'étais proposé de faire, il devenait nécessaire de distinguer plusieurs complexes dans le fort massif calcaréo-dolomiti-

que qui forme le trait orographique majeur de la Sierra Almijara.

N'ayant pu trouver aucun fossile permettant de subdiviser le Trias en étages, j'ai essayé de séparer les calcaires des dolomies. Cette séparation est naturellement délicate à cause des passages latéraux fréquents, inhérents à la sédimentation calcaréo-dolomitique, et à l'dentité de facies, parfois, entre les calcaires et les dolomies. Néanmoins la distinction est possible. Il est même aisé souvent de séparer avec précision les dolomies blanches catalastiques des calcaires bleus lités qui les accompagnent.

Les séries où les dolomies présentes ne sont pas individualisées de façon à être figurées à l'échelle du 1:50.000 e ont été cartographiées comme calcaires.

Même après cet essai de distinction pétrographique, on ne sait jamais, sur le terrain à l'échelle de l'affleurement, si on est dans le haut ou le bas de la série, d'autant plus que les accidents qui se greffent là dessus ne facilitent pas l'analyse.

1. Calcaires

Les calcaires présentent de nombreuses variétés pétrographiques. Ce sont en général des roches bleues et blanches à patine grise ou brune, bien litées. Dans l'ouest du territoire surtout, quelques minéraux de néoformation se développent: hornblende, épidote et surtout trémolite, tous cités par Orueta. Cette trémolite peut former des amas considérables, en longues baguettes tendres, grises à blanches, spécialement abondants au sud du Cielo et au sud de la Navachica; elle est caractéristique des calcaires à l'ouest de la transversale Rescate-Lopera. Ces minéraux de métamorphisme du Trias ne sont pas signalés ailleurs dans les Alpujarrides à ma connaissance. Leur développement implique un métamorphisme bien supérieur à celui qui affecte le Trias des Alpujarrides centrales et orientales.

Au N.W. de Guajar-Faraguit, les calcaires bleus et blancs admettent de fortes passées phylliteuses qui don-

nent une grande plasticité à la série. De structure lépidoblastique, ces phyllites, profondément altérées, sont formées d'un feutrage de séricite et de chlorite avec un peu de quartz. De minuscules aiguilles de tourmaline sont visibles sur un échantillon prélevé à mi-distance entre les Pt. 471 et 495, à 1 km. au N.W. de Guajar-Faraguit.

2. Dolomies

Barrois et Offret, de la Mission d'Andalousie, ne concevaient pas encore l'existence locale de nappes. Constatant la disparition des dolomies de Frigiliana-Competa sous les schistes paléozoïques de ce qui deviendra le «Bétique de Malaga», ils conclurent à l'âge cambrien de ces dolomies, par opposition aux dolomies de Lentegi dans lesquelles ils avaient rencontré des Megalodons triasiques.

Il n'est pas douteux maintenant que les dolomies de Frigiliana, pétrographiquement identiques à celles de Lentegi, appartiennent à la même unité tectonique et sont du même âge triasique.

Il suffit de prendre un des deux chemins d'Albuñuelas à Guajar Alto pour juger de l'uniformité de caractére de ces dolomies, et de leur grande extension. Ce sont les roches les mieux représentées de la région. Elles forment de grands massifs monotones, d'aspect très particulier car ces dolomies sont le plus souvent cataclastiques, se débitant en petits parallépipèdes de dimensions variables, généralement de quelques mm, de côté et dont l'accumulation superficielle forme parfois de véritables arènes dolomitiques.

Dans leur coupe de Nerja à La Navachica, Barrois et Offret notaient déjà: «...Nous avons suivi la dolomie pendant des kilomètres, sans y observer de changement».

L'épaisseur maximum de la série dolomitique atteint 1,2 km. au Lopera et au nord de la Sierra del Chaparral. Malgré les complications tectoniques faussant les calculs, ces épaisseurs sont certainement proches de la réalité.

Dans les Alpes, certains auteurs, F. Ellenberger en particulier, ont noté que les dolomies résistent au méta-

morphisme tandis que les calcaires deviennent des marbres. Sur le terrain étudié la nette augmentation de métamorphisme d'est en ouest s'accompagne d'une dolomitisation sans qu'il y ait certainement rapport de cause à effet.

L'intercalation de bancs calcaires lités dans la série dolomitique donne une certaine plasticité au complexe. On peut dire que le rayon de courbure de l'ensemble est inversément proportionnel à l'importance des passées calcaires. Ainsi, la série isoclinale du Lopera, la plus dolomitique, est la plus rigide. D'autres exemples peuvent se glaner sur tout le territoire.

3. Megalodons

Les fossiles ne sont pas rares dans les dolomies. Ce sont toujours des débris informes de quelques cm. On en rencontre en plusieurs endroits, dont les plus importants sont notés d'un astérisque sur la carte. Dolomitiques, ils tranchent toujours en blanc sur leur gangue, dolomitique également mais toujours plus foncée. Ces fossiles ne se détachent jamais de la roche et il faut se contenter d'en observer des sections planes (fig. 5).

Le meilleur lieu pour l'observation de ces débris fossiles est sur le chemin de Lentegi à Jayena, quelque 500 m. après le cortijo de Aguas Blanquillas, après avoir passé un petit col à 980 m. d'altitude.

Barrois et Offret, de la Mission d'Andalousie, ont déjà décrit des débris semblables qu'ils attribuent au genre lamellibranche Megalodon, triasique.

Ces débris ne nous ont pas été d'un grand secours pour l'établissement de la stratigraphie. Leur emplacement dans les dolomies n'a pu être déterminé avec précision, la base de celles-ci étant chaque fois inconnue. Tout au plus peut-on dire que ces fossiles sont à plus de 400 m. au-dessous du contact supérieur des dolomies avec les calcaires sus-jacents.

L'âge triasique des Sierras Blancas et de Mijas, qui disparaissent sous le Bétique de Malaga et qui sont considérées comme l'équivalent stratigraphique des Alpujarrides

par certains auteurs, peut être mis en doute (17). Pour le secteur alpujarride étudié, la présence de Megalodon dans la série et celle de gypse dans les phyllites sous-jacentes écarte tout doute quant à l'âge triasique de la série calcaréo-dolomitique.

L'augmentation de métamorphisme est vraisemblablement cause de l'absence de fossiles déterminables; la conservation des fossiles est peu compatible avec le dévelop-

Fig. 5.—Les débris fossiles inséparables de leur gangue dolomitique.

pement de la trémolite, indicatrice d'un métamorphisme pour le moins épizonal. Si des débris ont été conservés dans les dolomies, c'est que celles-ci résistent mieux au métamorphisme que les calcaires.

Il y a une nette différence de métamorphisme entre la Sierra alpujarride de Baza, où P. Fallot et L. Solé Sabarís ont signalé de rares débris d'algues calcaires (33) et la Sierra Almijara. Sans fossiles, il peut paraître illusoire de vouloir subdiviser le Trias en étages. Mais autour de la Méditérranée occidentale, lorsque les dolomies du Trias alpin sont encadrées par des formations fossilières, elles sont noriennes avec une grande constance. Il semble donc logique de considerer le fort massif dolomitique du Lopera

comme Norien. La série de calcaires métamorphiques qui le surmonte serait alors rhétienne et les calcaires de la base des dolomies seraient ceux susceptibles de conserver des pseudo-fucoides, habituellement du Ladinien ou du Virglorien supérieur dans le domaine bétique.

d) Série mixte

Une série dolomitico-schisteuse de type particulier, qui n'a pas d'équivalent exact ailleurs dans les Alpujarrides, à ma connaissance, apparaît au N.-W. du territoire. Il s'agit d'une série formée d'alternances de dolomies bleues à grain fin bien litées, de schistes, de quartzites séricitiques, de phyllites grises et de calcaires bleus et blancs. Cette série plastique est violemment plissée; les alternances et le caractère desordonné des accidents rend illusoire l'établissement d'une coupe stratigraphique d'ensemble. Mais, bien que sa position tectonique par rapport à la longue série dolomitique sus-jacente ne soit pas partout claire, il semble hors de doute qu'elle se place sous l'épaisse série dolomitique blanche, probablement norienne, avec laquelle elle est en continuité stratigraphique. La liaison avec des cargneules probablement carniennes, près du Cjo. Almijara, confirme la position stratigraphique de cette série sous les dolomies noriennes. Le métamorphisme épizonal qui caractèrise cette série semble interdire la présence de fossiles.

Sous le microscope, les quartzites ont une structure lépidoblastique microgrenue et sont caractérisées par un fond de quartz et de séricite (ou de muscovite) avec de la tourmaline authigène accesoire.

e) Cargneules

Les cargneules sont mal représentées. On en trouve au S.-W., du Cjo. Almijara. Ce sont des roches claires, grisâtres à beiges, vacuolaires, bréchiques à élèments polygéniques, passant aux simples calcaires vacuolaires. Elles n'ont pas la couleur orange typique des cargneules du Pennique valaisan. Les élèments appartiennent à la série

de Jete. Ces cargneules sont remarquables par leur bon état de conservation, contrastant avec les cargneules broyées que les hollandais appelaient «conglomeratische mergel». Ce terme de «conglomeratische mergel» ne me semble pas idoine car, même dans les régions étudiées par les hollandais, ces roches; alors oranges, n'ont rien de marneux et pas grand'chose de conglomératique.

La position stratigraphique de ces cargneules n'est pas très claire. Elles paraissent noyées dans la série mixte,

	Alpujarrides			Complexe de Malaga		Subbétique
	frontales Sierra de Baza (33)	centrales région d'Albuñol (36)	occidentales Sierra Almijara	oriental S. Tercias et Espuña (29)	occidental río Guadalhorce (12)	
Rhétien			Calc. phylliteux Calc. marmorisés bleus et blancs			Facies germano-andalou
Norien	Dolomies pulvérulentes	Calcaires et dolomies	Dolomies blanches pulvérulentes à Megalodon			
Carnien	Cargneules Calc. à Bivalves et pseudo-fucoïdes. Schistes phylliteux		Cargneules Calc. phylliteux			
Ladinien	Calc. à pseudo-fucoïdes Calc. dolomitiques		Dolomies bleues francés Schisles quartziteux	Dolomies bleues sombres Calc. à fucoïdes	Dolomies bleues sombres Calc. à fucoïdes	
Virglorien	Calc. à algues Dolomies				Calc. bleus	
Werfénien	Grès rouges et lie de vin, marneux ou pélitiques	Phyllites et quartzites	Quartzites clairs Calc. bruns Phyllites bleues gypseuses	Facies Permo-trias lie de vin		
Permien			Schistes de Jete sup. ?			

Fig. 6.—Répartition du Trias autour de la Sierra Almijara.

mais il est difficile de faire la part des mouvements tectoniques dans cette position.

Il est vraisemblable, par analogie avec d'autres régions des Alpujarrides, que ces cargneules sont carniennes, mais ce n'est pas certain.

Des lits calcaires terreux, bréchiques, à éléments empruntés aux phyllites, apparaissent dans le haut de la série phylliteuse, liés à la présence de gypse, en particulier à la carrière du km. 492,6 de la route Motril-Grenade. Ces variétés de cargneules seraient werféniennes.

III. Tertiaire

Sauf dans le bassin d'Alcaucin dont il est question plus bas, il n'y a pas de flysch. L'absence de flysch est générale pour toutes les Alpujarrides; cette formation, si utile pour dater les charriages, n'est liée qu'au front du complexe de Malaga. La disparation du flysch d'Alcaucin sous un charriage alpujarride, signalée par R. Staub (53), à été contesté par M. Blumenthal (15) avec lequel je suis d'accord.

L'étude de la molasse n'a pas été poussée; elle aurait je crois peu apporté au but essentiellement d'analyse tectonique que je m'étais fixé. L'âge helvétien de la molasse de Pinos del Valle est enregistré depuis les travaux de la Mission d'Andalousie (8) et l'âge pliocène des cônes de déjection côtiers connu depuis longtemps.

a) Sur l'âge du flysch d'Alcaucin

A l'ouest d'Alcaucin (versant ouest de Sierra Tejeda) s'étend un grand bassin de flysch d'âge incertain, dont parle M. Blumenthal (15). Ce flysch est transgressif sur le complexe de Malaga. J'y ai trouvé un gisement d'Anomia [1], petit Lamellibranche sans signification stratigraphi-

1) Détermination de Mme. S. Freneix (Anomia) et de M. M. Durand Delga.

que précise, dans une marne compacte à petits grains de quartz, débris de mollusques (?), radiolaires et rares spicules de spongiaires [1].

Dans le même région, un calcaire beige à grand forar miniféres et grains de quartz a fourni [2]:

Orthophragmines (sections axiales d'*Asterodiscus* sp.). Operculines, Nummulites, Alvéolines, Assilines (?), Flosculines, Rotalidés, fragments d'Echinodermes et de Dentales.

Cette faune n'est pas anté-yprésienne ou post priabonienne; elle a un cachet de Lutétien (moyen à sup.), sans garantie [3].

Ces découvertes ne font que confirmer l'âge partiellement lutétien des sédiments transgressifs sur le complexe de Malaga.

b) La molasse de Guajar-Faraguit

Un petit bassin molassique isolé s'étend au N.-W. du village de Guajar-Faraguit sur 1/2 km², en une série isoclinale redressée contre la chaîne du Llanadas. Cette molasse débute par un conglomérat blanc très dur à ciment calcaire, dont les éléments, de dolomie bleu foncé et blanche et de quartz atteignent 22 cm. de diamètre. Ce conglomérat, qui a 6 m. d'épaisseur, est fossilifère dans sa partie supérieure, caractérisée par d'immenses coraux atteignant 90 cm. de diamètre. M. J. P. Chevalier, de la Sorbonne, a eu la grande amabilité de me les déterminer. Ce sont:

Heliastraea Mellahica, Gregory.
Tarbellastraea Reussiana, Milve-Edwrd et J. Haine.
Plesiastraea sp.

---

1) Situation du gisement: long. W. 0°25'30" lat. 36°53'28". Route d'Alcaucin à celle de Velez-Zaffaraya, sur replat 10 m. ouest du prolongement ligne électrique.

2) Idem, long. W. 0°26'02" lat. 36°53'42".

3) Détermination de Mme. M. Neumann (Orthophragmines) et de M. M. Durand Delga. L'âge a été confirmé par M. J. Cuvillier.

D'après M. Chevalier, les 2 espèces déterminées et le genre Plesiastraea se retrouvent en Catalogne et dans le Languedoc où ils caractérisent l'Hlevétien. Il faut alors considérer le niveau conglomèratique et coralligène, facies de transgression, comme conglomérat de base de la molasse helvétienne.

Ce conglomérat est suivi vers le haut par des alternances sur 45 m. de marnes, de grès glauconieux grossiers à fins et de conglomérats à éléments de quartz bien roulés. Les facies fins sont fossilifères, caractérisés par des lumachelles non cimentées d'huitres géantes.

Cette molasse m'a fourni:

Ostrea crassissima Lam. (Formes géantes).
Venus amiantis Lam. ? (moules).
Arca sp.
Cardium michelottianum Mayer.
Natica sp. (moule).
Conus sp. (moules).
Pirula condita Brongn.
Terebratula sp.
Balanus sp.
Cleapeaster campanulatus Schlot. [1].

Cette molasse est donc helvétienne ainsi que son facies le laissait prévoir.

c) Pliocène

Le Pliocène qui, dans les provinces de Grenade et de Malaga, est conservé sur le littoral, se compose de bas en haut, d'après Bertrand et Kilian (8) de:

1. Marnes bleues subapennines ou plaisanciennes.
2. Dépôts sableux et caillouteux à faune du Pliocène moyen.

Un inmense cône de déjection pliocène s'étend sur

1) Merci à M. J. Villalta, de Barcelone, d'avoir eu l'obligeance de déterminer la Cleapeaster,

plusieurs kilomètres carrés près de Nerja, sur la côte. Un dépôt semblable est conservé à l'embouchure du río de la Miel; il est formé d'alternances de conglomérats meubles et de marnes gréseuses brunâtres. Une incursion marine a laissé un niveau marmeux fossilifère, mais les coquilles des mollusques sont toutes brisées et aucune n'esr déterminable. Il s'agit probablement d'*Ostrea cochlear* P. L'inclinaison des bancs atteint 22 degrès vers l'ouest. Le dépôt monte à 60 mètres d'altitude.

Au Pliocène et au Quaternaire ancien chaque étage a connu un climat particulier qui a laissé son empreinte. Ainsi le Villafranchien continental, qui est azoïque, sauf pour quelques molaires de rongeurs trouvées au Maroc français, est il caractérisé autour de la Méditerranée occidentale par une terre d'altération rouge-brun propre à l'étage; cette couleur rouge-brun reste le meilleur critère permettant de séparer le Villafranchien des autres dépôts Plio-quaternaires. Il y a un peu de Villafranchien probable sur la molasse au nord du Cañuelo (feuille Durcal).

IV. Quaternaire

Brèches superficielles

Tous les auteurs s'étant interessés à la chaîne bétique ont été gênés par le grand développement des brèches superficielles et les ont décrites. Nous ne reviendrons donc pas sur la description. Disons simplement que ce sont des brèches développées surtout au pied des massifs calcaréo-dolomitiques, formées d'éléments empruntés aux massifs, fortement liés par un ciment calcaire abondant laissé par les eaux, chaudes, de circulation superficielle. Ces brèches sont susceptibles d'un certain transport. Elles sont nées sur place par desquamation ou naissent d'éboulis ou même d'éluvions. La caractéristique de ces dépôts est d'être fortement cimentés.

Au pied du Llanadas et de la Sierra del Chaparral on assiste, si on peut dire, à la formation de ces brèches superficielles dan le ciment desquelles se prennent les Helix

actuels. Dans le haut barranco de las Tejadillas (Navachica nord) des éluvions récentes sont déjà cimentées en brèches très dures.

Les brèches superficielles se développant surtout au pied de massifs calcaires, souvent sur le contact tectonique avec les schistes, sont de ce fait très gênantes pour l'interprétation tectonique.

Lorsque, avec la série calcaréo-dolomitique, affleurent des schistes cristallins ou des gneiss aberrants à la série, on constate le plus souvent que la surface de contact mécanique plonge vers le centre de la couvette schisteuse, Mais cette surface de contact n'est visible que si les schistes passent sur les calcaires et sont en relief par rapport à eux car, alors, l'érosion différentielle met facilement la surface a nu. Au contraire, si les calcaires sont en relief par rapport aux schistes, la surface de contact est toujours cachée sous la brèche de pente superficielle. Cette remarque, d'apparence si simple, explique pourquoi les observateurs sont influencés dans leurs interprétations par cette surface de contact plongeant systématiquement vers le centre des cuvettes schisteuses. Il convient de rajouter, plongeant systématiquement, *lorsqu'elle est visible.*

Le développement génant de la brèche de pente au pied du Llanadas est cause de la divergeance d'interprétation tectonique entre M. Blumenthal et les auteurs hollandais. Faisant le tour du massif, je n'ai trouvé qu'un contact schistes-dolomies visible, sur le chemin de Guajar-Faraguit à Pinos del Valle, à l'est du Pt. 624, où les schistes cristallins passaient sur les dolomies, ce qui donnait raison à M. Blumenthal comme la simple observation que les schistes étaient en série renversée m'en avait déjà convaincu.

Travertins

Pour la même raison climatique que pour les brèches superficielles, les travertins sont bien développés. Leurs principaux dépôts sont au sud de Guajar-Faraguit, et à l'ouest de Velez où ils se développent sur des terrasses alluviales. Il y a aussi un dépôt spectaculaire en forme

de voûte en haut d'une cascade, au dessus du chemin de Itrabo à Otivar, 500 mètres à l'est de l'établissement de San Jorge.

Alluvions

Les alluvions anciennes forment des terrases; la plus étendue est celle sur laquelle est construit partiellement Velez-Benaudalla, 70 m. au-dessus du Guadalfeo. Des terrasses, ne dépassant jamais 30 m. au-dessus du río actuel, ont été laissées par le río Verde dans son cours inférieur en aval d'Otivar. A leur embouchure, les ríos Verde et Guadalfeo se développent en grandes vegas réputées pour leur fertilité, sur lesquelles croissent cannes à sucre, figuiers, chirimoyas et autres plantes méditerranéennes.

Troisième partie

TECTONIQUE

«Mais comme un homme qui marche seul et dans les ténèbres, je me résolus d'aller si lentement et d'user de tant de circonspection en toutes choses que, si je n'avançais que fort peu, je me garderais au moins de tomber. Même je ne voulus point commencer à rejeter tout à fait aucune des opinions qui s'étaient pu glisser autrefois en ma créance sans y avoir été introduites par la raison, que je n'eusse auparavant employé assez de temps à faire le projet de l'ouvrage que j'entreprenais et à chercher la vraie méthode pour parvenir à la connaissance de toutes les choses dont mon esprit serait capable».

DESCARTES

Discours de la Méthode (seconde partie)

Chapitre 1

INTRODUCTION

Alors que les Alpes sensu stricto ont fait l'objet depuis longtemps de nombreuses investigations géologiques, les Cordillères bétiques, qui présentent pourtant tout autant d'intèrêt, ont été passablement délaissées.

Le plus clair de nos connaissances sur ces Cordillères est dû à Blumenthal pour la partie ouest et à P. Fallot pour la partie est. Les espagnols, qui ont maintenant d'excellents géologues, semblent s'être plutôt concentrés sur les Pyrénées. Actuellement, la connaissance des Cordillères bétiques progresse grâce surtout aux travaux et sous l'impulsion de J. M. Fontboté.

La règion étudiée ici est d'une complexité telle qu'il m'a manqué quelquefois une expérience alpine plus poussée que celle que j'avais et surtout la connaissance des territoires contigus. En effet, les régions à l'est, au nord et à l'ouest du terrain étudié au 1:50.000e n'ont fait l'objet que d'études à petite échelle, sauf la Sierra Tejeda, connue au 1:100.000e par M. Blumenthal, et les environs de Lanjaron au 1:20.000e par K. W. van Bemmelen. A l'est, la région la plus proche ayant été étudiée relativement en détail est celle d'Albuñol connue au 1:50.000e depuis la thèse de J. Westerweld s'étendant jusq'à Gualchos, à 10 km. à l'est de Motril Cette étude de J. Westerweld porte sur des terrains stratigraphiquement semblables à ceux faisant l'objet de ce travail, c'est à dire appartenant au domaine alpujarride.

Au sud, la zone radicale alpujarride est partiellement sous la mer. Les problèmes qui se posent alors sont les mêmes que ceux qu'aurait un géologue alpin désirant comprendre la zone helvétique sans pouvoir connaitre la vallée du Rhône. C'est pourquoi je donnerai parfois plusieurs hypothèses interprétatives, en optant pour l'une d'elle mais sans pouvoir toujours clore la discussion.

a) La notion de charriage épiglyptique (= Reliefüberschiebung)

On sait maintenant qu'ne orogenèse peut se traduire par una série d'eiforts tectoniques séparés par de longues périodes de calme pendant lesquelles l'érosion travaille. On conçoit donc que les nappes, d'une phase autre que la première, aient à surmonter un relief préexistant qui, dans certains cas, peur être fortement accentué.

C'ert de cette conception qu'est née la notion de «Reliefüberschiebung», imaginée par O. Ampferer et appliquée aux Cordillères bétiques par M. Blumenthal (15). Ce terme de «Reliefüberschiebung» a été traduit par P. Fallot par «charriage épiglyptique».

Je ferai souvent appel à cette notion car la position de certains klippes paléozoïques de notre territoire ne peut s'expliquer que par leur charriage sur un relief préexistant et fortement accidenté comme Blumenthal l'avait signalé il y a une vingtaine d'années.

b) Nomenclature

Avant de parler de la géologie régionale, il convient de mettre un peu d'ordre dans la nomenclature. En effet, dès que l'existence des nappes alpujarrides fut démontrée (19), ces dernières reçurent les noms les plus divers selon les auteurs que s'en occupaient.

Le tableau ci-dessous montre la diversité des conceptions:

Hollandais 1927 - 1929	*Banting 1933*	*Staub 1934*	*Blumenthal 1935*
Guajar Lanjaron - Gador Lujar	Pli-nappe de Lanjaron - Gador	Murcie Grenade { Oria / Almería	Gador Trias autochtone ou parautochtone

Les termes de «nappe de Guajar» et «nappe de Lanjaron» créés par les auteurs hollandais doivent être conservés. Mais il faut préciser l'extension de ces unités.

Au nord de la Sierra Nevada, une coupe fréquente est la suivante:

1. Schistes et gneiss charriéss (ex : cuvette du Purche).
2. Série calcaréo-dolomitique triasique.
3. Phyllites bleues.

4. Série calcaréo-dolomitique (Idem No. 2).
5. Phyllites bleues (Idem No. 3).
6. Mischungszone (gneises, albitites, marbres bleus et blancs, calcaires bruns en plaquettes, etc...).
7. Paléozoïque de Sierra Nevada (micaschistes à grenats, etc...).

Les auteurs hollandais s'accordent pour réserver le nom de nappe de Guajar à l'unité tectonique supérieure. Mais si l'on dresse une carte d'ensemble, en colligeant les cartes publiées, on s'aperçoit que la continuité de cette unité supérieure est loin d'être établie et qu'au contraire, il est plus probable qu'elle se fait relayer plusieurs fois ou disparait.

Lorsque cette nappe schisto-gneissique n'est pas représentée, les auteurs hollandais ont appelé «nappe de Guajar» l'unité alpujarride supérieure alors qu'il s'agissait plutôt des termes 2 et 3 de la coupe ci-dessus ou de leurs équivalents latéraux. Ainsi dans la Sierra de Gor, Janssen (39) appelle nappe de Guajar sa série supérieure, composée d'une couverture calcaire sur une base phylliteuse.

Je propose de réserver le terme de «nappe de Guajar» à la nappe schisto-gneissique propagée à partir de la côte, où elle est bien représentée, et dont il ne subsiste au nord de la Sierra Nevada que des klippes schisto-gneissique (No. 1 de la coupe) toujours au dessus des séries alpujarrides typiques avec Trias calcaréo-dolomitique et base phylliteuse (No. 2, 3, 4, 5).

Cette nappe de Guajar, immense tant qu'on ne lui aura pas trouvé des relais, englobe alors la «nappe de Malaga» p. parte (v. p. 34) et la nappe schisto-gneissique charriée épiglyptiquement sur le territoire objet de la présente étude et appelée nappe de Gador par Blumenthal. Il ne faut pas conserver ce terme de nappe de Gador proposé par Blumenthal car il est équivoque avec celui de nappe de Lanjaron-Gador crée par les auteurs hollandais pour une autre unité et qui a priorité.

Ainsi, lorsque je parlerai de nappe de Guajar, il s'agira

de la nappe de Gador de Blumenthal. Je crois à l'utilité de ce changement de nom malgré los inconvénients qu'il attire.

Au sud de la Sierra Nevada, le terme de nappe de Lanjaron (ou nappe de Lanjaron Gador) peut être conservé; mais il faut noter dès maintenant que cette nappe n'a pas l'extension que les auteurs hollandais lui prêtaient (voir p. 42) [1]. Quant á l'unité de Lujar, je pense après Blumenthal (15) que ce n'est pas une nappe [2].

Chapitre II

DESCRIPTION RÉGIONALE

1. La nappe de Lanjaron entre Gualchos et Motril

Entre Gualchos et Motril, la nappe de Lanjaron, décrite par Westerweld à l'est de Gualchos, a une estructure plus compliquée que l'isoclinalité tranquille de sa série stratigraphique ne le laisse prévoir; de violents replis à flancs parallèles l'accidentent (profils fig. 7). Quelques minces témoins calcaires triasiques couvrent les phyllites bleues de-ci de là. Ceux de la Guarnatilla sont conservés grâce à une dépression axiale; celui de la Calahonda est crevé jusqu'aux phyllites basales dans la plupart des ravins.

Sur la transversale de Lujar, malgré le rebroussement

1) Pour les auteurs hollandais, c'est la nappe de Lanjaron qui repose sur le Paléozoïque de la Sierra Nevada par l'intermédiaire de la Mischungszone. A mon avis au contraire la série alpujarride recouvrant la Sierra Nevada est autochtone, ou tout au plus parautochtone, et il y a continuité stratigraphique entre le Paléozoïque nevadais et le Trias alpujarride. Cet avis repose sur la constatation que la Mischungszone, supposée permienne, est continue autour de la Sierra Nevada, ce qui ne serait certainement pas le cas si le Paléozoïque nevadais qui lui est lié était en fenêtre tectonique sous les Alpujarrides.

2) Si la Mischungszone est permienne comme je l'admet, il n'y a pas d'hétéropisme de facies entre cette zone et le Trias alpujarride de l'unité de Lujar. Le principal argument pour considérer cette unité comme charriée (9, 56) tombe alors.

des têtes de couches qui gène la prise des pendages, on voit clairement que du Conjuros à la rambla de Lujar s'étend une épaisse série isoclinale renversée. Cette série chevauche la Sierra de Lujar par l'intermédiaire d'un coussinet de phyllites.

A l'est de la Sierra de Lujar, il m'a semblé qu'une bonne partie des phyllites que Westerweld incorpore à sa nappe de Lanjaron pouvait âtre considérée en place, comme base stratigraphique un peu bousculée de la Sierra de Lujar. Mais, si l'on peut discuter sur son extension, l'existence de la nappe de Lanjaron ne fait pas de doute.

Les phyllites, si bien développées au nord de Motril, où elles sont en position normale sous leur couverture triasique calcaire décollée, s'individualisent tectoniquement de plus en plus en allant vers l'est jusqu'à chevaucher leur couverture calcaire, en l'occurence la Sierra de Lujar. Cette même couverture calcaire triasique se suit jusqu'au nord de Motril, puis par une série d'affleurements isolés, jusqu'à Gualchos où elle fait alors partie de la nappe de Lanjaron qui chevauche cette même Sierra de Lujar (voir carte au 1:200.000[e]).

Banting, dans son article sur le pli-nappe de Lujar-Gador, avait remarqué la liaison entre les complexes de Lujar et de Lanjaron-Gador (alias Lanjaron) mais l'attribue à un pli-nappe dont je me permettrai de mettre en doute l'existence pour des raisons géomètriques, en particulier parce que la forme en coupole de la Sierra de Lujar s'accorde très mal avec le dispositif envisagé par le savant hollandais (7).

L'explication par relais de nappe, plus simple, s'adapte beaucoup mieux à l'ensemble des Alpujarrides occidentales[1]. La nappe de Lanjaron se sépare de la série parautochtone de Lujar dès la transversale de Motril et son déplacement augmente en allant vers l'est pour être considérable dans la région étudiée par Westerweld (fenêtre d'Albuñol).

(1) Une carte au 1:400.000 a été publiée dans une note précédente (21) mais, des erreurs d'impression s'étant glissées dans la légende, elle n'est pas valable.

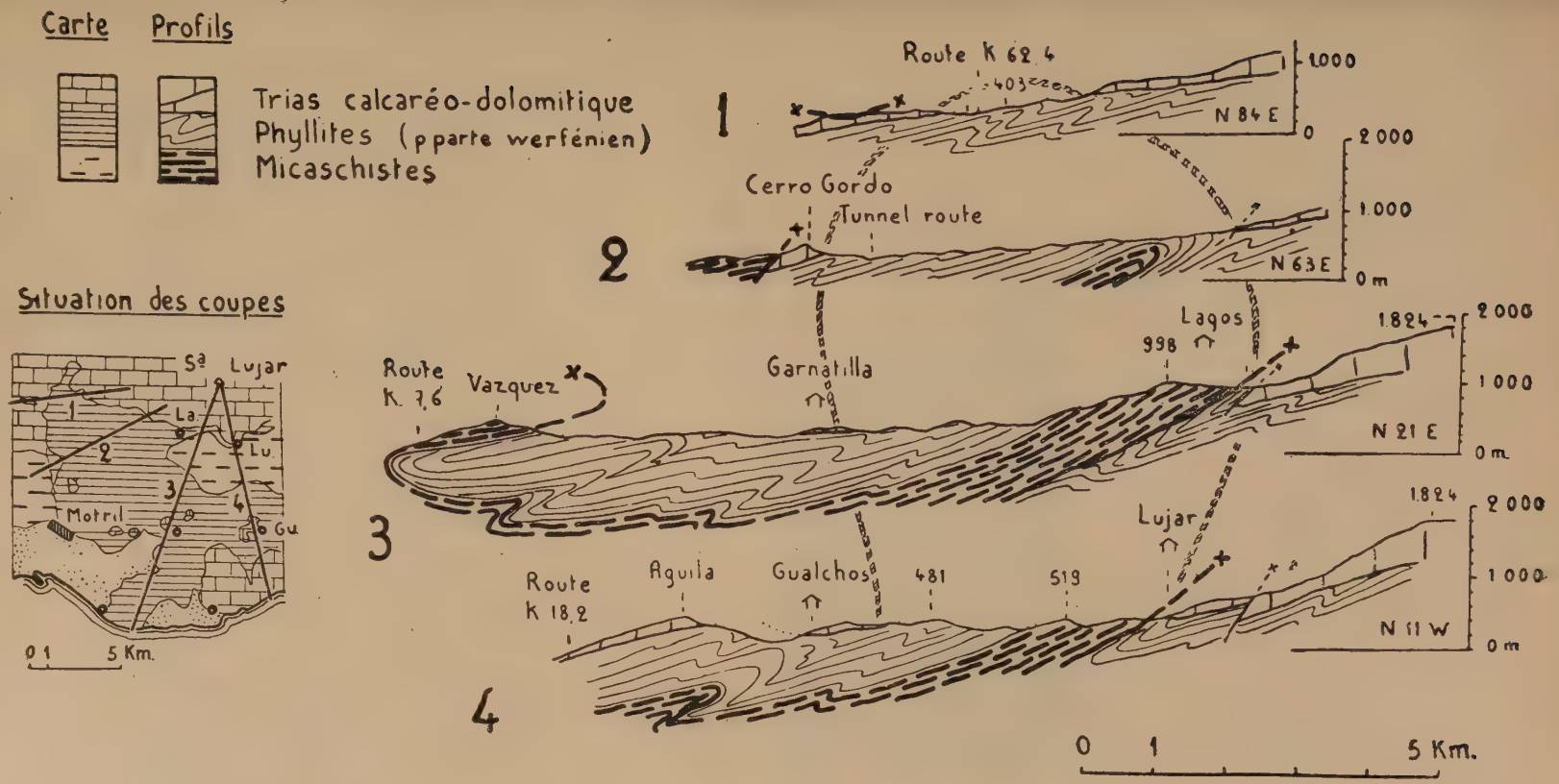


Fig. 7.—Coupes sériées entre Gualchos et Motril.

C'est aussi de la même manière que se détache l'écaille del Sol, liée sans coupure tectonique au flanc sud de l'anticlinal de l'Almijara (p. 84).

Je ne suis pas éloigné de croire que le complexe de Malaga obeit au même régime, c'est à dire que l'amplitude de son charriage diminue en allant vers l'ouest jusqu'à se réduire à zéro. En effet dans la tégion ouest, près de Gaucin au nord-ouest de Estepona, M. Blumenthal conclut à un enracinement local du complexe (13). Il est donc possible que la diminution des charriages en direction de l'ouest, qui n'est pas encore prouvée pour le complexe de Malaga, ne soit pas caractéristique des Alpujarrides occidentales seulement mais du Bétique sensu stricto tout entier, pour le moins à l'ouest de la transversale de la Sierra Nevada.

2. La Sierra Almijara et ses environs

La description que suit correspond à la carte géologique au 1 : 50.000; elle procède d'est en ouest, et du sud au nord sur chaque transversale.

a) La région de Velez-Benaudalla

M. Blumenthal a déjà montré que les séries calcaréo-dolomitiques, supposées appartenir aux nappes de Guajar et de Lanjaron des auteurs hollandais, sont en réalité en continuité et que, par conséquent, l'une des 2 nappes au moins doit être supprimée.

A l'appui de la thèse de Blumenthal, on constate que du Cerro Gordo (N. de Motril) jusqu'à la Sierra Tejeda, la série calcaréo-dolomitique, quoique le plus souvent bousculée, est en continuité et que les grandes déchirures affectent la série gneisso-schisteuse. Mais il convient de noter aussi que la stratigraphie de la série calcaréo-dolomitique est moins claire que celle de la série schisto-gneissique sous-jacente et que de grandes dislocations mettant en présence 2 massifs calcaréo-dolómitiques peuvent passer inaperçues ou, du moins, pour des accidents de valeur locale.

Que voit-on près de Velez - Benaudalla, depuis le km. 491, de la route nationale en direction ouest, ou mieux, de l'Escalate en direction N.-N.-W. ? On voit une mince bande calcaire courant horizontalement à 60 m. au dessus du Guadalfeo. Cette barre, en calcaire triasique assez mal lité et de plongements divers, surmonte une série phylliteuse bleue, plongeant régulièrement au sud, dont elle

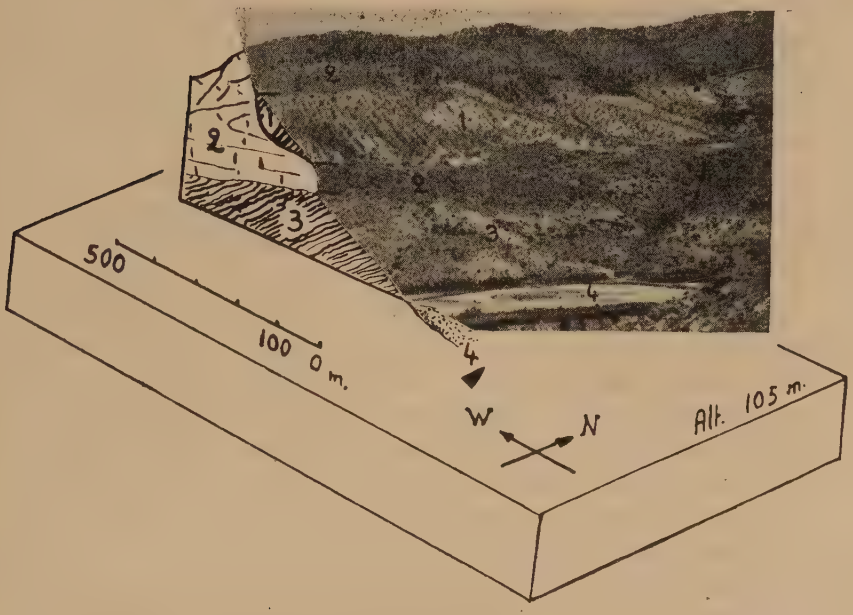


Fig. 8.—Block-diagramme des collines à l'ouest de Velez. Charriage épiglyptique des schistes de Jete 1 sur les calcaires parautochtones 2, couverture des phyllites 3; 4, vallée du Guadalfeo.

représente la couverture décollée, comme au cerro Gordo de Motril. Cette barre se lie à la puissante série calcaire et dolomitique triasique formant les sommets à l'ouest de Velez-Benaudalla (Pt. 403, 511, etc...). (Fig. 8.)

Le flanc est de ces collines, en face de Velez, est occupé entre la barre calcaire et les sommets par une série isoclinale schisteuse et quartzitique assez métamorphique, assimilable aux schistes de Jete profonds, et qui est sépa-

rée des phyllites par la barre calcaire. Cette série de schistes plonge comme les phyllites du fond de la vallée, soit au S.-W., et se suit sans interruption jusqu'au tunnel d'Isbor au km. 478,8 de la route Grenade-Motril. Sur le chemin de Velez-Benaudalla à Guajar-Faraguit, par le «cortijo del Algibe», on la voit clairement déborder sur la barre calcaire par une surface de charriage arrondie et striée.

Ces schistes de Jete sont séparés de la zone essentiellement quartzitique des collines au nord du Molino de Papel (appelé à tord molino de Pepe sur la carte au 1:50.000) par les calcaires, mais se lient à la zone de gneiss profonds et de quartzites du barranco de los Arenales inférieur.

On retrouve ces schistes de Jete sur le flanc gauche du Guadalfeo [1], à 1 km. au nord de l'Escalate en un affleurement de 1/3 de km.^{2} entourant complètement un petit chicot calcaire.

Le fait que la barre calcaire rejoint les calcaires des sommets et appartient à la même unité pétrographique ne suffisait pas pour faire de la zone schisteuse une klippe, car il pouvait s'agir d'une zone schisteuse prise entre 2 massifs calcaires rejoints mécaniquement, comme c'est le cas au sud du cortijo Almijara. Mais l'examen détaillé de la zone du Molino de Papel et surtout le même phénomène en face, sur le flanc nord de l'Escalate, écartent tout doute à ce sujet.

Nous avons là, à notre avis, le cas le plus typique de charriage épiglyptique des schistes de Jete, puis dans le Barranco de los Arenales de gneiss profonds, sur la série calcaréo-dolomitique et l'hypothèse de M. Blumenthal est ici pleinement justifiée.

Les contacts avec les calcaires sont tels que l'isoclinalité de la série provient plus de ce que la série a été charriée comme telle que du fait que l'on est sur le flanc sud de l'anticlinal de Lujar.

---

1) Guadal = fleuve, feo — laid.

A l'est de Velez, la Sierra de Lujar, dont on ne possède aucune carte géologique, correspond à un anticlinal de grande envergure, frangé par les phyllites perçant leur couverture calcaire et accidenté de synclinaux E.-W. et d'ondulations transversales N.-S. Les vallées sont synclinales.

b) Le massif d'Isbor

La région d'Isbor, par laquelle passent les profils de la fig. 4 est une des plus délicates à interpréter et il n'est pas étonnant que M. Blumenthal et K. W. van Bemmelen soient arrivés à des conclusions radicalement opposées.

Pour M. Blumenthal, les massifs dolomitiques et calcaires [1] perçent la nappe supérieure schisteuse de Guajar (15).

Pour K. W. van Bemmelen, au contraire, les massifs représentent la couverture de la zone schisteuse avec laquelle ils forment la nappe supérieure de Guajar (figure 4), (9).

Les conclusions de K. W. van Bemmelen cont vraisemblablement obtenues por extrapolation d'observations qui n'ont qu'une valeur locale. En fait, les choses sont bien plus compliquées que les propfils contradictoires de la fig. 4 ne l'indiquent.

Les faits son les suivants: Le fort massif dolomitique d'Isbor, scié par le barranco de Zaza, est chevauché par la série schisteuse en plusieurs endroits. Par exemple, sur la route Grenade-Motril (au km. 475,8 environ). Par contre, sur le flanc sud du massif, partout où le contac est visible, il est vertical ou montre les schistes quartziteux et épidotifères s'enfonçant sous les dolomies. Enfin, au fond du barranco de Zaza, les schistes cristallins du même type que les précédents apparaissent sous les dolomies. On

1) Dans le texte qui suit, lorsque je parlerai de gneiss, de schistes, de phyllites, de calcaires et de dolomies sans plus de précision, il s'agira des gneiss d'Almuñecar, des schistes de Jete, des phyllites bleues partiellement werféniennes, des calcaires et des dolomies triasiques.

peut disputer sur le caractère en place de ces schistes et prétendre qu'ils ont glissé par solifluxion. Des blocs de plusieurs centaines de mètres cubes ayant en effet glissé, on peut se demander s'il n'y a pas eu d'éboulement en masse (comme à Chésery dans le Jura méridional). Mais l'examen attentif de la paroi nord de l'affleurement permet de trancher la question. C'est bien une fenêtre tectonique qui est de la plus grande importance pour l'interprétation de la région, bien que K. W. van Bemmelen et M. Blumenthal l'aient omise.

Cette fenêtre peut recevoir plusieurs interprétations. Il ne me parait pas absurde de considérer le massif d'Isbor, malgré son volume de plus d'un kilomètre cube, comme arraché au substratum et emballé dans les schistes de la puissante nappe de Guajar, exactement, toutes proportions guardées, comme le petit paquet dolomitique du km. 477,4 de la route Motril-Grenade [1].

Les nappes piéniques, dans les Carpathes, offrent des exemples de pareils accidents tectoniques (44).

Cette conception un peu hardie s'encadre beaucoup mieux dans le schéma régional et n'oblige pas à admettre la superposition des nappes de K. W. van Bemmelen qui ne satisfait pas.

---

1) Cet affleurement isolé du km. 477,4, en dehors de ma carte, a été interprété par K. W. van Bemmelen, ainsi que d'autres paquets calcaires et dolomitiques noyés dans les schistes, de la façon suivante, qui me parait juste:

«Mijn indruk is, dat we hier waarschijnlijkmet deelen van het boven of onderliggende kalkpakket te maken hebben, die door de inwendige differentieele bewegingen bij het overschuivingsproces in de schisten te recht zijn gekomen en dus niet met kalken die stratigrafisch in de schisten thuis hooren of een zelfstandige kalkhorizont, die door de tektonische bewegingen uitgewalst werd».

Traduction: «Ma pensée est que vraisemblablement des arrachements se sont produits dans le haut du paquet calcaire inférieur (alias, ici, nappe de Lanjaron, note du tr.) par les mouvements différentiels intérieurs dûs au charriage des schistes, et qu'il ne s'agit pas d'un horizon calcaire pris stratigraphiquement dans les schistes dont il serait séparé par plissements disharmoniques».

Pour mieux comprendre les compliqués accidents locaux, il est nécessaire de se reporter à l'époque de la mise en place principale de la nappe de Guajar, soit avant les forts plissements post-orogéniques s. lato qui ont passablement modifié l'allure des contacts. Il faut continuer les

Fig. 9.—Profil par le massif d'Isbor.
1, Trias calcaire, 2, Trias dolomitique. 3, Schistes cristallins de la nappe de Guajar. 4, Molasse helvétienne.

observations sur le massif calcaréo-dolomitique entre Crucero de Pinos et la Giralda (Sierra de Chinchirina pour les indigènes).

Les rares afleurements schisteux du flanc nord de cette Sierra sont pétrographiquement identiques à la série controversée et sont clairement des klippes venant du sud. A 300 mètres à l'ouest de Pinos del Valle par exemple, les schistes séricitiques à épidote arrivent sur les dolomies cataclastiques et localement sur les calcaires bleus et blanc par l'intermédiaire d'une surface de contact gauchie, striée, couverte d'un réduit ferrugineux brun foncé et pendant au nord de 35 degrés environ. Les schistes sont naturellement broyés et les dolomies réduites sur plusieurs mètres d'épaisseur en une aréne mal cimentée par une pâte calcareuse bigarrée. Ces klippes schisteuses appartiennent à une unité tectonique qui a dû passer par dessus la Sierra Chinchirina, actuellement assez abrupte et qui devait l'être encore plus à l'époque du charriage de la nappe de Guajar, car elle paraît axée sus un synclinal postérieur à la mise en place de nappe. Ce synclinal, antérieur à la molasse, est mal marqué car il affecte des

dolomies à plongement peu clair et une série schisteuse triturée.

Sur le flanc sud de la Sierra, les schistes, de direction dominante N. 80° W., sont redressés à la verticale et je suis porté à croire qu'ils chevauchent également le massif bien qu'il y ait doute à plus d'un endroit.

La Sierra Chinchirina elle-même est couronnée par une série dolomitique qui occupe tout son flanc sud et qui surmonte les calcaires du flanc nord. Le contac entre les 2 unités pétrographiques est, soit normal, soit mécanique. Nous y voyons une forte passée calcaire digérée par les dolomies à l'est et à l'ouest et localement chevauchée, le long de la ligne de crête, par les dolomies entrainées par le passage de la nappe de Guajar.

Vu la méconnaissance de la position stratigraphique relative exacte des calcaires et des dolomies, il est prudent et logique d'attribuer les passées calcaires, même en apparence totalement indépendantes des dolomies, en pseudo-klippes ou en pseudo-fenêtres, à des phénomènes disharmoniques locaux, éventuellement à de petite charriages réduits, expliquant ainsi les discordances tectoniques nombreuses entre les calcaires et leur couverture dolomitique.

Il n'est pas douteux que le massif d'Isbor et la Sierra Chinchirina appartiennent à la même unité tectonique bien qu'ils soient séparés par une étroite bande de schistes quartziteux à épidote au S.-E. de Pinos del Valle.

Le contac sud du massif d'Isbor est assuré par une faille subverticale gauchie plus ou moins E.-W., bien visible en face d'Isbor et entre les Pts 683 et 597. 750 m. au N. 80° E. du Pt 683, les schistes passent sous les dolomies mais la faille est postérieure à la venue de la nappe de Guajar. Des calcaires, probablement entrainés sous la nappe de Guajar, jalonnent localement le contact dolomies-schistes (ex. au sud du Pt. 683).

R. W. van Bemmelem attribue à une brusque descente d'axe vers l'ouest le fait que le contact schistes-dolomies, à 850 m. d'altitude près de Pinos del Valle n'est plus qu'à

300 m. d'alt. près d'Isbor, 3 km. au S.-E. A l'appui de sa pensée, il note, et je suis d'accord avec lui sur se point, que la linéation des schistes, parallèle aux axes de plis, présente une descente d'axe de 40° vers l'ouest.

Mais la liaison de ces schistes avec ceux de Pinos del Valle, qui sont au-dessus des dolomies, me fait opter pour la solution générale de M. Blumenthal, compliquée de failles et d'accidents locaux qui ressortent par simple lecture de la carte.

Les contacts tourmentés entre les dolomies et la nappe schisteuse résultent de plissements et de serrages tardifs rendant verticaux les contacts, ce qui ne permet plus de savoir quelle unité chevauche l'autre sans un examen approfondi de toute la région.

Ainsi s'expliquent les interprétations si différentes de M. Blumenthal et de K. W. van Bemmelen dont les cartes schématiques n'englobent qu'une partie de la zone controversée.

Si mes conclusions convergent avec celles de Blumenthal et qu'il n'y a qu'une nappe schisteuse supérieure, peut-on délibérément supprimer l'empilement de nappes des Hollandais sur tout le domaine alpujarride? Certainement pas. Quelques excursions autour de la Sierra Nevada m'ont prouvé qu'il y avait effectivement bien en tous cas 2 séries alpujarrides superposées, surmontées par la nappe schisteuse de Guajar.

Ainsi près de Lanjaron, voit-on la nappe de Guajar chevaucher une double série alpujarride elle même appuyée sur la Sierra Nevada par l'intermédiaire de la Mischungzone.

Sur le flanc nord de Sierra Nevada, la série alpujarride est également souvent double et recouverte par des klippes schisteuses probablement de la nappe de Guajar (excuvette de Purche) (35).

Mais il existe encors des partisans de l'autochtonie générale de l'édifice bétique, considérant tous les accidents comme locaux et de peu d'envergure. Si les arguments paléogéographiques ne les convainquent pas, non plus

qu'une visite à la fenêtre tectonique d'Albuñol, ils peuvent alors s'arrêter au km. 477 de la route Motril-Grenade (1 km. à l'ouest du tunnel d'Isbor) et regader au direction est. On voit clairement la forte série gneissique passer sur une barre calcaire triasique. Une épaisse brèche tectonique calcaire, striée, assure le contact. C'est le plus clair exemple de grand charriage qui soit visible le long de la grande route transversale Grenade-Motril.

Si la solution générale de charriage épiglyptique peut être admise, il y a dans le détail bien des faits qui s'en accordent mal. Si l'on suit par exemple le contact schistes-dolomies sur les flancs nord et est du Llanadas, on voit que, non seulement le contact est horizontal et que les dolomies sont topographiquement supérieures, mais encore que dans la grande vallée au nord de Llanadas, entre les Pts. 1175 et 1108, ce contact longe la courbe de niveau, ce qui peut paraitre une preuve éloquente que les dolomies reposent sur les schistes comme le schéma des auteurs hollandais l'indique. Mais en aucun cas la solution hollandaise, selon laquelle les dolomies du Llanadas sont couverture stratigraphique des schistes (l'ensemble formant la nappe de Guajar) ne peut être adoptée. En effet, sur tout le flanc nord du Llanadas, la série schisteuse est renversée et le contact avec les dolomies des sommets est alors assuré par les schistes les plus anciens, ce qui exclut donc un contact stratigraphique, même décollé des dolomies sur les schistes. Ces 2 unités stratigraphiques sont tectoniquement bien distinctes. Je pense que leur contact réciproque résulte d'un mouvement posthume horizontal sud-nord des dolomies par rapport aux schistes.

Certains détracteurs du charriage épiglyptique à grande échelle lui reprochent d'être une solution facile, une solution de paresse dirait-on presque. Il est en effet souvent pratique de dire épiglyptisme dans tous les cas où il y a doute d'interprétation. Mais le problème alpujarride sans cette conception est insoluble.

Il n'est à priori pas exclu que l'extrême boulversement tectonique du territoire étudié soit dû à la proximité, en

verticale, du Trias subbétique salifère. Cette pensée peut paraitre absurde mais, devant l'ampleur des charriages alpujarrides dans la région de Albuñol (30 km. à l'est), on peut se demander en effet si, au lieu d'être parautochtone comme je le pense, l'ensemble du Trias calcaréo-dolomitique local n'est pas charrié, ce dont je ne me serais pas aperçu car il n'y aurait pas de fenêtre tectonique pour s'en rendre compte sur mon territoire. Il faudrait connaitre mieux l'ensemble alpujarride pour que cette idée ne reste pas du domaine des vues de l'esprit.

c) La région de Guajar-Faraguit

Le village de Guajar-Faraguit, comme ceux d'Otivar et de Lentegi, est assis sur la brèche de pente au pied des calcaires, à leur limite avec les schistes cristallins charriés. Cet emplacement correspond à la fois à la présence des sources et au fond des vallées.

Si l'on monte sur les collines au N.-W. de Guajar-Faraguit, on voit une marqueterie de calcaires bleus et blancs en plaquettes et de schistes chloriteux et séricitiques profondément altérés. Il ne s'agit pas de charriage épiglyptique comme on serait tenté de le croire, mais plutôt d'un complexe fortement plissé triasique, avec plissements disharmoniques entre les schistes et les calcaires.

Je ne veux pas m'appesantir sur tous les accidents tectoniques dont la zone est si riche et qui s'encadrent bien dans l'interprétation générale, mais il faut souligner encore 2 contacts qui obligent à enraciner une partie des schistes de Jete au nord du Chaparral.

A l'altitude de G.-Faraguit, 2 km. à l'aval, sur une route en construction, on relève la coupe suivante, de haut en bas.

1. Alternances de quartzites verdâtres et de schistes de Jete.
2. Dolomies brunâtres concordantes.
3. Dolomies blanches et bleues cataclastiques finement vacuolaires, bien litées.

C'est une série renversée. Sur le chemin qui, de Vélez, mène à la basse rambla de los Secanos (par les collines et non par le Guadalfeo), on observe à 100 m. au nord du Pt. 313, un contact stratigraphique normal entre les schistes de Jete et les dolomies, ce qui confirmerait bien que le charriage observé ailleurs est très réduit.

Ceci prouve que les schistes cristallins et les gneiss d'Almuñecar propagés de la côte n'ont pas rencontré un soubassement uniquement calcaréo-dolomitique mais également schisteux et il faut bien distinguer les schistes de Jete qui ont été nettement transportés de loin (ex. collines à l'ouest de Velez), de ceux qui sont pratiquement en place ou faiblement entrainés par le passage de la nappe supérieure.

Il faut souligner le grand rôle joué par les séries renversées sur tout le territoire étudié; écaille de Maro, zone de Cazulas, est de Guajar-Faraguit, zone cotière, autant de séries renversées indépendantes, ce qui confirme l'impression générale que l'on est proche des racines, où de nombreux plis déjetés ou couchés s'amorçent, dont l'un d'eux seul s'étendra en nappe de Guajar.

c) La région de Guajar Alto

600 m. à l'aval de Guajar Alto, dans la boucle nord du S que dessine le río Toba, les schistes de la klippe passent sous les dolomies par une surface de contact striée pendant de 65° au N.-E. Les schistes sont de la série werfénienne avec quartzites gris et bruns, phyllites, calcaires bruns. Ce contact appartient à une grande faille subverticale postérieure au charriage des schistes et qui a abaissé fortement la zone schisteuse au S.-W. du río. Les failles satellites dans les dolomies sont probantes d'un effort à composante verticale. Comme à Isbor et comme à l'ouest de Lentegi, ce sont de nouveau les dolomies, du compartiment nord, qui montent.

Il faut noter l'importance de ces mouvements verticaux expliquant souvent mieux que le charriage épiglyptique

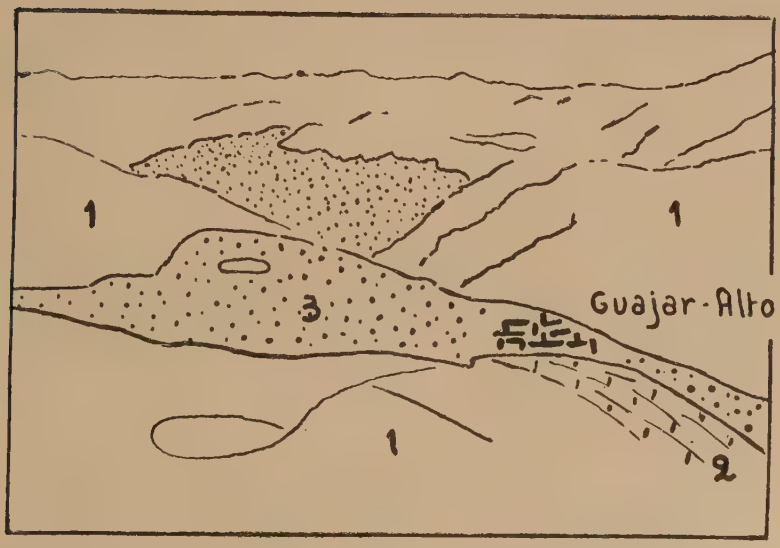


Fig. 10.—La klippe de Guajar Alto (3) vue du sud. Passée calcaire (2) sur dolomies cataclastiques (1).

l'apparition bizarre de certaines klippes, tantôt au fond des vallées, tantôt sur les crêtes (fig. 11).

La position et la pétrographie des klippes est telle que peut-être n'a t-on pas à faire à une seule nappe proprement dite, mais à un grand nombre de digitations d'une unité supérieure, voire à plusieurs nuités supérieures, soumises à des forces à composantes de directions variées et dont l'effet dépendait beaucoup de la nature des roches.

Il ne subsiste actuellement que des klippes isolées réduites de cette gigantesque unité ce qui rend les raccords tectoniques des plus aléatoires. Je ne crois pas que l'on puisse faire mieux que de réunir les dislocations et digitations de cette unité supérieure en une seule nappe, la nappe de Guajar.

e) Les Klippes d'Entresierras et de la Guindalera

1. Guindalera

La klippe de la Guindalera est une série renversée comprenant gneiss séricitiques, schistes quartzo-micacés, quartzites clairs à épidote et phyllites bleues et grises, bref la même série renversée également qu'au nord du Llanadas.

Déterminant un relief tout en courbes contrastant avec le relief accidenté des séries calcaréo-dolomitiques triasiques qui la limitent de toutes parts, elle se veit bien de loin au nord, de la Giralda par exemple.

2. Entresierras

La klippe d'Entresierras mérite un examen attentif. Si l'on suit l'ancien chemin d'Itrabo à Grenade, on peut relever la coupe suivante, au contact sud entre les gneiss de la klippe et les dolomies triasiques divisant cette klippe paléozoique en 2 parties presques égales:

1. Gneiss micacés feuilletés.
2. Quartzites blanchâtres micacés..... 3,00 m.
3. Alternances de quartzites et de phyllites séricitiques..... ..... 1,20 m.
4. Calcaires lités..... 1,50 m.
5. Dolomies claires.

L'ensemble paraissant concordant, on peut se demander s'il s'agit d'une série renversée ou d'une klippe En fait, c'est bien une klippe et la concordance n'est qu'apparente. Cette pseudo-concordance des klippes paléozoiques et de leur soubassement triasique est très fréquente.

Fig. 11.—Profil par Guajar-Alto.
1, Schistes paléozoiques. 2, Phyllites werféniennes· 3, Dolomies triasiques.

f) La Sierra del Chaparral

La Sierra del Chaparral, entre Itrabo et Guajar Alto, est formée d'une puissante série dolomitique enfouie sous une série franchement calcaire. Le passage entre les calcaires lités du flanc est et les dolomies sous-jacentes est franc, sans alternances, bien visible du Cerro d'Itrabo au sud.

Sur les flancs ouest et nord de la Sierra affleurent des phyllites pour lesquelles la question se pose de savoir si ce sont des klippes ou des fenêtres. Ce sont des klippes mais on en rencontre au fond de petites vallées, ce qui s'explique ici mieux par des accidents posthumes que par un charriage épiglyptique. Il s'agit de la même série bien développée aa nord de Lentegi qui a laissé ici de rares témoins phylliteux isolés.

De la Sierra del Chaparral au cortijo de la Toba, 6 km. au nord, la série calcaréo-dolomitique est isoclinale Calculant son épaisseur, on obtient 1,2 km. environ.

Cette grande épaisseur, dans un pays de nappes, est un argument ou plutôt un indice en faveur de répétitions tectoniques. Par ailleurs, de violents replis à flancs paral-

lèles, inattendus dans la série isoclinale, apparaissent de çi de là, tel celui au sud Pt. 1176, sommet ouest de la Sierra del Chaparral.

Je n'ai néanmoins réussi à mettre en évidence aucune coupure tectonique majeure dans cette série, ni de part et d'autre.

g) La région au nord de Lentegi

La région est d'une complexité telle qu'une étude très détaillée est nécessaire; ce n'est que par une méthode en quelque sorte statistique, observant systèmatiquement les contacts, que l'on parvient à débrouiller la tectonique.

Stratigraphiquement on ne sort pas du Trias.

La montée de Lentegi au cortijo de Aguas Blanquillas fournit la liaison que nous cherchions entre les calcaires, les dolomies et les phyllites. Nous y voyons clairement que la série phylliteuse est stratigraphiquement liée aux calcaires et que c'est l'ensemble qui est en contact anormal sur les dolomies blanches et non pas les phyllites seules comme un examen superficiel du flanc sud du Jalonche le laisserait croire.

Cette série charriée est essentiellement werfénienne. Certaines zones sont franchement phylliteuses, d'autres calcaires, mais on reste toujours stratigraphiquement près du Werfénien à quartzites et calcaires bruns typiques.

La surface du charriage est très gauchie. L'observation la plus claire du charriage peut sa faire de part et d'autre de la cluse du río de Lentegi, entre les cortijos de Melion et de Barranquillo del Agua. Au haut de cette cluse, repose sur les dolomies une série essentiellement phylliteuse à passées quartzitiques et calcaires surtout sur le flanc est.

En s'écartant du chemin, à hauteur du cortijo del Barranquillo del Agua, on peut relever la coupe suivante, procédant du Pt. 732 et se dirigeant vers l'est:

1. Dolomies beiges séricitiques en grosbancs.
2. Alternances de dolomies brunâtres sériciti-

	ques bien litées, du type werfénien, avec das phyllites verdâtres	6 m.
3.	Dolomies grises à grain fin	0,40 m.
4.	Alternances comme au niveau 2.....	25 m.
5.	Quartzites blancs et bruns sériciticues....	0,60 m.
6.	Alternances 2 avec quelques passées de calcaires bruns du type werfénien...	16 m.
7.	Dolomies grises à grain fin	3,50 m.
8.	Alternances comme au niveau 2.	

Cette coupe partielle suffit pour montrer que les dolomies grises viennent s'intercaler ici stratigraphiquement dans les phyllites, en remplacement des passées calcaires que l'on trouve habituellement.

h) Les environs de Las Casulas

Selon M. Blumenthal, il y aurait à Las Casulas (2 km. à l'ouest d'Otivar) de clairs exemples de charriage épiglyptique. L'étude détaillée de la zone en question nous oblige à entrer en contradiction avec notre illustre prédécesseur. L'observation est actuellement facilitée par une nouvelle route forestière quittant la route Almuñecar Grenade à l'est du Pt. 540 et descendant sur Las Casulas, ainsi que par un canal longeant le flanc gauche du río Verde, en amont de Las Casulas à l'altitude de 520 m. environ.

Nous avons là en gros de simples séries reenversées ou normales mettant en présence des phyllites parfois légèrement décollées et des calcaires bleus et blancs triasiques. Parfois, les phyllites sont charriées mais je ne pense pas que le gauchissement de leur surface de contact anormal sur les calcaires soit dû à un relief préexistant mais plutôt à des accidents posthumes dont la fenêtre anticlinale dont il est question plus bas offre un bel exemple.

A l'altitude de 490 m , à un virage de la route de Las Casulas, nous notons la coupe suivante:

1. Eboulis.
2. Phyllites bleues admettant quelques bancs minces (1 cm.) de calcaires bruns.
3. Calcaires bruns en bancs de quelques cm. d'épaisseur, en alternances rapides avec des phyllites vertes..... 0,30 m.
4. Quartzites bruns clairs sériciticques..... 0,30 m.
5. Calcaires bruns et blanchâtres..... 0,12 m.
6. Calcaires bleus et blancs massifs ..... 3,00 m.
7. Dolomies blanches et bleues foncées pseudo-bréchiques (pseudo-galets bleus dans fond blanc), alternant avec des lits de calcaires bleus et blancs lités dans les 12 premiers mètres.

Coupe interrompue par une faille.

C'est une série renversée.

Longeons maintenant le canal qui débute au dessus de la Venta de Casulas, 300 m. au N.-E. On retrouve d'abord, après avoir passé le ravin, un affleurement calcaire isolé dans les phyllites. Puis, en face de la Venta, une barre calcaire subhorizontale qui parait enrobée par les phyllites

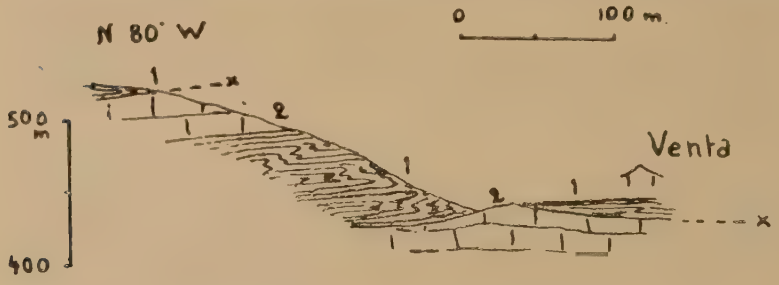


Fig. 12. – Profil par la Venta de Casulas.
1, Phyllites. 2, Calcaires triasiques.

bleues qui sont à la fois stratigraphiquement au-dessous et tectoniquement au dessus des calcaires. Cette barre se termine au N.-E. contre les mêmes phyllites par une faille verticale.

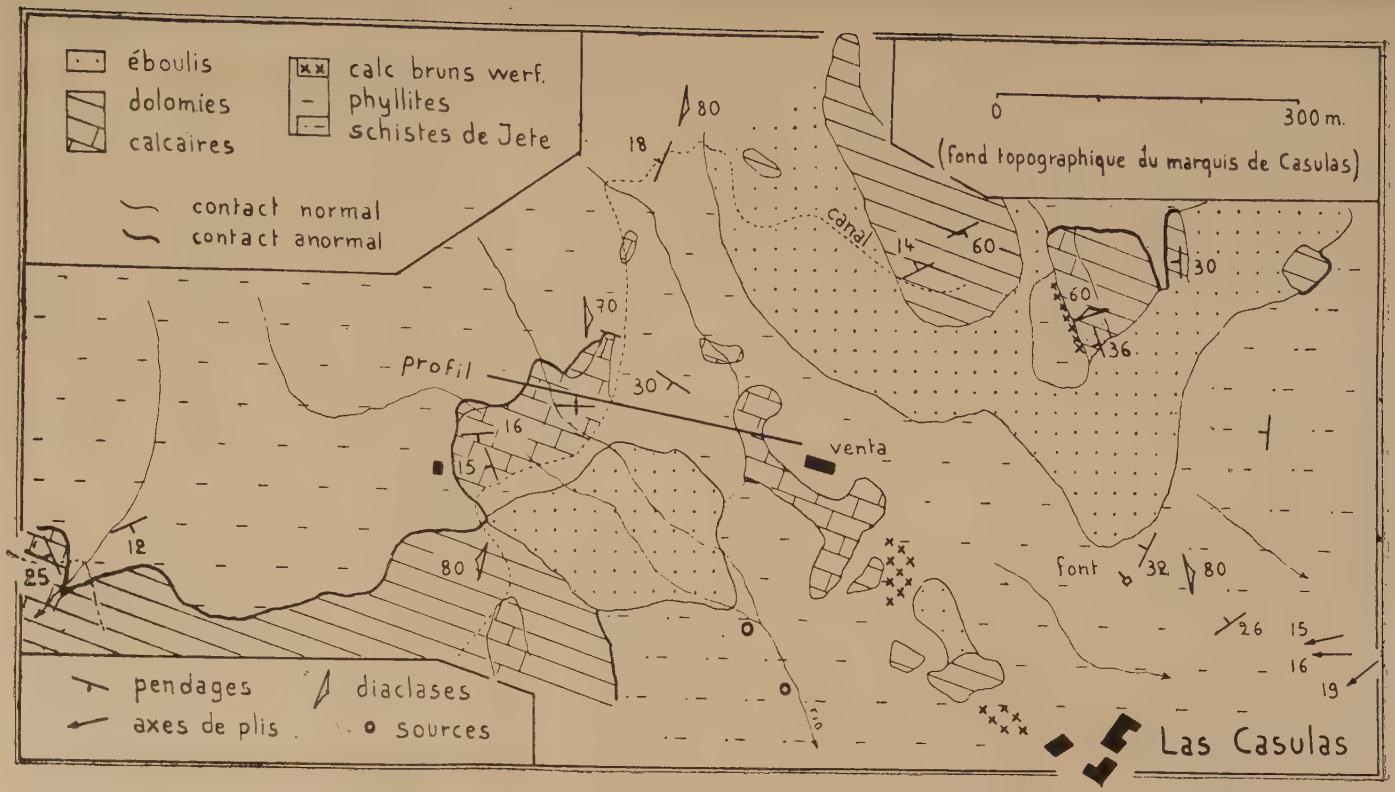


Fig. 13.—Esquisse géologique des environs de Las Casulas.

Continuant le long du canal, on monte dans la série et passe des calcaires lités aux dolomies compactes, puis on arrivè à una petite carrière abandonnée dans des calcaires bleus à grain moyen, bien lités, gauchis à l'échelle du mètre, plissotés et à séricite et pyrite, recouverts par les phyllites par l'intermédiaire de quartzites blancs séricitiques laminés. La surface de contact, gauchie, est recouverte par une patine d'oxyde de fer et striée.

Longeant toujours le canal, on rencontre après 1,5 kilomètres environ, un petit massif calcaire limité par des failles verticales qui le font sortir comme un horst au milieu des schistes. Sur le dos de ce massif, un petit torrent a lavé la surface de contact entre les calcaires lités bleus et blancs et les schistes de Jete supérieurs. Une écaille dolomitique, prise dans les schistes et une zone de laminage werfénienne assurent le contact

2 interprétations tectoniques des lieux sont possibles:

1) Nous avons là une série renversée, laminée par des phénomènes disharmoniques locaux. Des phyllites devraient être présentes entre les schistes et les calcaires. On peut expliquer leur absence par le laminage. Je crois plutôt que la présence des schistes de Jete supérieurs, au lieu des phyllites, est due uniquement à un passage latéral de facies, ou, mieux, à une remontée locale du front de métamorphisme.

Invoquer un changement latéral de facies semble une explication trop facile, mais la constatation sur le chemin Otivar-Itravo (p. 81) d'une série normale de calcaires dont les schistes de Jete supérieurs forment la base stratigraphique nous permet d'admetre des passages latéraux relativement rapides entre les schistes de Jete supérieurs et les phyllites.

2) Autre possibilité, le massif calcaire sort en fenêtre tectonique anticlinale limitée par des failles posthumes. J'opte pour cette deuxième solution; c'est la plus simple.

i) Le Jaloche.

Le Jaloche domine Lentegi à l'ouest. M. Blumenthal

qui en parle y voit un Trias parautochone couvert par des klippes phylliteuses isolées. En fait la tectonique est plus compliquée. Pour l'interprétation tectonique, on peut se contenter de diviser la montagne en 3 complexes: les phyllites, les calcaires et les dolomies. Comme à Lentegi, les phyllites sant partout accompagnées des calcaires bruns du type werfénien et de la série calcaire et quartzitique qui les surmonte.

La partie supérieure du Jaloche est occupée par un petit massif dolomitique gris subhorizontal chevauchant une série calco-phylliteuse isoclinale sur le flanc sud et passablement boulversée sur le flanc nord du Jaloche. De nombreuses sources sourdent le long du contact. La série calcophylliteuse pendant au S.-W. est coupée en biseau à 40° environ.

Au km. 33 de la route Grenade-Almuñecar, les dolomies de l'énorme massif du Lopera passent sur la série calcophylliteuse par l'intermédiaire d'une forte zone cataclastique des dolomies. La surface de contact, striée, pendant au N.-N.-W., est recouverte d'un enduit d'oxyde de fer. Nous avons là le même contact qu'au col du Lopera, soit une série faiblement charriée sur les dolomies blanches et ce n'est que le résultat d'une faille locale si les dolomies passent ici sur les calcaires, comme on peut s'en assurer en faisant le tour du Jaloche à l'altitude de 1130 m. environ.

Par contre les dolomies des sommets du Jaloche, pétrographiquement semblables à celles du Lopera, en sont tectoniquement bien distinctes. Elles sont en effet en klippe flottante sur la série calco-phylliteuse. Cette position supérieure des dolomies est bien visible du Pico del Pinar de Torillas, 4 km. au sud du Jaloche.

Sur le flanc sud du Jaloche, au grand virage ouest de la route, 300 m. au sud de la Fuente de las Víboras, un superbe plan de faille strié s'observe; l'accident n'est que local.

A peu près à mi-distance entre les cortijos de Lissardo et de la Burra, les quartzites clairs séricitiques sont en par

faite concordance tectonique sur les dolomies grises mal litées triasiques. Ces quartzites passent progressivement par alternances aux phyllites bleues après quelques décamètres.

j) La région du Lopera

Une coupe du nord au sud commencée à 1 km. à l'E.-S.-E. du cortijo de los Prados et se terminant par la paroi des dolomies blanches cataclastiques peut se schématiser ainsi:

1.	Calcaires sombres lités	60 m.
2.	Dolomies blanches cataclastiques	50 m.
3.	Fines alternances de calcaires sombres lités et de dolomies bleues foncées à grain fin litées	1,5 à 3 m.
4.	Calcaires sombres lités, latéralement digérés par les dolomies blanches cataclastiques	0 à 10 m.
5,	Dolomies blanches cataclastiques	450 m.

Cette coupe n'a qu'une valeur très locale.

A 1 km. plus à l'W., au S.-S.-W. du cortijo de los Prados, on verra la lentille calcaire 4 relayée par une autre passée calcaire beaucoup plus haut dans la série. La forte série dolomitique blanche 5 voit donc apparaître dans sa partie supérieure des lentilles calcaires très allongées, préludant la forte série des calcaires sombres lités qui surmontent les dolomies selon une surface de contact fortement gauchie.

Lorsque, montant la nouvelle route Almuñecar-Granade, on arrive au col du Lopera (300 m. au sud du cortijo de los Prados), on constate que le contact de la série calcaire sur les dolomies blanches est assuré par une zone dolomitique intensément cataclastique bleue foncée, admettant des calcaires et des dolomies laminées et boudinées.

On n'échappe pas à l'impression que ce contact mécanique sépare 2 unités tectoniquement bien distinctes. Le

même phénomène s'observant en plus réduit au N. du Pt. 1.207,200 m. au S.-E. de l'unique cortijo de la région E. du Cañuelo, confirme cette impression.

Par ailleurs, la surface de contact compliquée et très fortement gauchie des calcaires bousculés sur les dolomies isoclinales suggère un charriage des calcaires sur les dolomies.

Enfin l'étude systèmatique des caractères mécaniques des 2 unités en présence montre que l'effort tectonique sur les dolomies venaient clairement du S. 10° E. L'axe de poussée sur les calcaires est plus difficile à préciser car la série, plastique et malléable, ne se prête à une interprétation qu'aprés un grand nombre d'observation. On s'aperçoit alors que les axes de plissement de ces calcaires sont les mêmes que pour les séries à 5 km. plus à l'W., c'est à dire qu'ils oscillent autour de N. 30° W.

Toutes ces observations postulent en faveur d'un contact tectonique de belle envergure et troublent l'hypothèse d'une succession stratigraphique normale. Et pourtant, nous croyons qu'il n'en est rien ot les faits observés beaucoup plus à l'ouest (Loma del Aguila par exemple) obligent à considérer la série calcaire comme simplement localement décollée sur les dolomies. Cette série calcaire plastique a été bousculée plus ou moins fortement selon les endroits. Dans la région du col du Lopera qui nous occupait, l'effort a été plus intense et il est permis de supposer que les calcaires ont été charriés sur quelques centaines de mètres, mais pas plus.

Dans la Sierra de Gor, P. Fallot et L. Solé Sabarís ont aussi décrit des séries calcaires stratigraphiquement audessus de dolomies (33).

Le flanc N. du Lopera est occupé par des calcaires gris bleus localement dolomitisés, couvert par des klippes de schistes et de quartzites, rarement à épidote (fig. 15). Les caicaires dolomitiques appartiennent à la couverture des dolomies blanches et sont fortement écaillés ainsi que leur substratum dolomitique qui parvient parfois à chevaucher sa couverture.

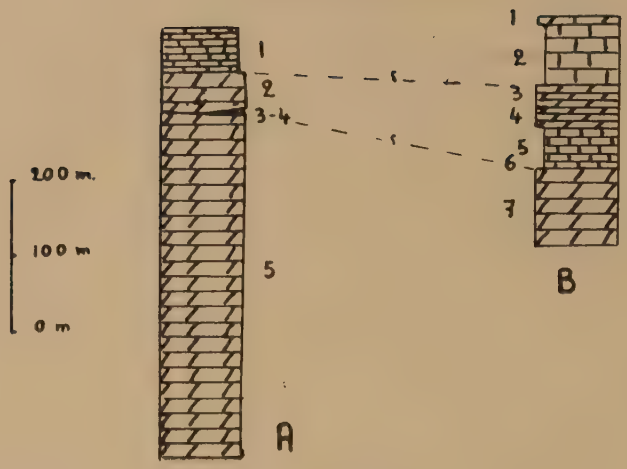


Fig. 14.—Séries stratigraphiques triasiques schématiques près du Lopera.

A, 1 km. à l'E.-S.-E. du cortijo de los Prados.
B, 1,2 km. à l'W.-N.-W. du Lopera.
(Les numéros renvoient au texte, p. 64 et 67).

Fig. 15.—Schistes paléozoiques de la nappe de Guajar (2) reposant sur la série dolomitique de Lopera (1), probablement norienne. Au primer plan, cjo. de los Prados.

A 1,2 km. à l'W.-N.-W. du Lopera, le chemin venant de Jayena rejoint l'arroyo de l'Almijara et pénètre dans une cluse dont on relève la coupe suivante, de haut en bas:

1. Série calcaréo-dolomitique écaillée.
2. Calcaires bleus et blancs, en gros bancs, bien cristallisés, à séricite, pyrite et trémolite en petites aiguilles ..... 80 m.
3. Dolomies à grains fins, grises, blanches ou bleu foncées, plus ou moins cataclastiques, un peu sériciteques..... 12 m.
4. Dolomies et dolomies calcaires, bleues foncées, bien litées. Passées d'un calcaire dolomitique blanc ou gris à grain fin, à patine beige, boudiné, en lits de quelques cm. d'épaisseur ..... 40 m.
5. Calcaires bleus et gris, bruns dans le bas de la série, à grain fin, bien lités, parfois sériciteques, à rares micrograins de pyrite. Ces calcaires différent de 2 par leur meilleur litage..... 55 m.
6. Calcaires comme au niveau 2..... 8 m.
7. Dolomies blanches à grain fin cataclastiques.

Le terme 7 étant probablement norien par homologie de facies avec les dolomies noriennes du pourtour de la Méditerrannée occidentale, il est possible que les termes 1-6 soient rhétiens, du moins partiellement.

k) La région du Rescate

La région du Rescate est semblable à celle de Casulas pour le style tectonique. De petits massifs calcaires triasiques perçent les schistes de Jete de façon capricieuse.

A l'est du haut «Camino de los Cortijos», une étroite bande calcaire se détache du flanc sud de l'anticlinal de l'Almijara, forme le Pt. 502 et se termine brusquement 800 m. au N.-N.-E. du Rescate. Cette bande est vraisemblablement le coeur d'un anticlinal déjeté dont la charnière

est visible au croisement de la bande et du haut río descendant sur la Herradura. Le contact entre ce coeur calcaire et les schistes de Jete le recouvrant est mécanique, bien visible à l'est du Pt. 502.

Au N.-W. du Rescate, des failles subverticales, postérieures au charriage des schistes de Jete à passéss calcaires

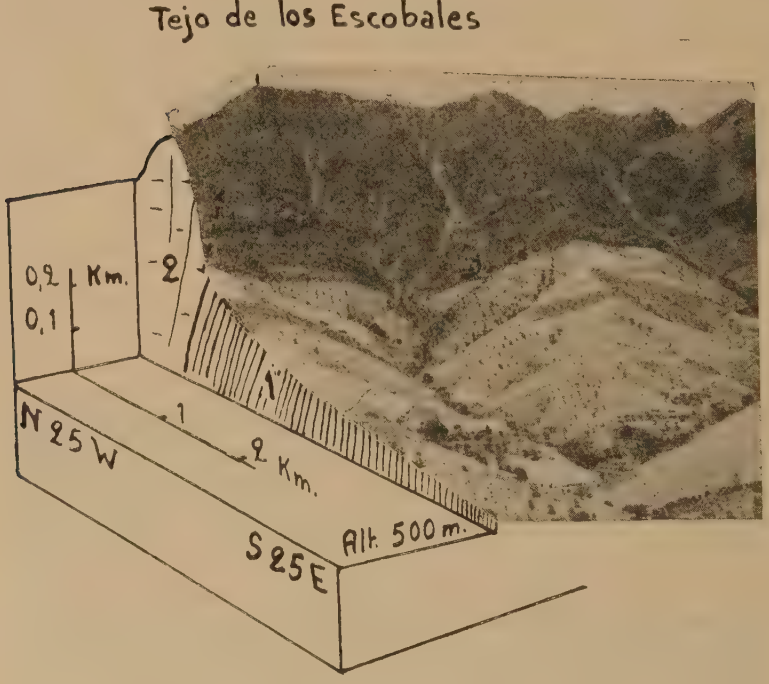


Fig. 16.—Schistes de Jete charriés (nappe de Guajar) redressés à la verticale et passant même sous les calcaires parautochtones (voir profil 17).

brunes du type werfénien, font sortir le Peñón de los Castillejos, en calcaire à trémolite.

Le profil de la fig. 17 rend compte de l'essentiel des complications tectoniques de cette région.

Nous sommes sur un grand éventail, que j'appelerai l'«éventail du Rescate», dont une des digitations nord

forme le synclinal de l'Almijara. On peut le comparer avec le classique éventail de Bagnes du Pennique valaisan; mais l'éventail de Bagnes appartient à une zone frontale

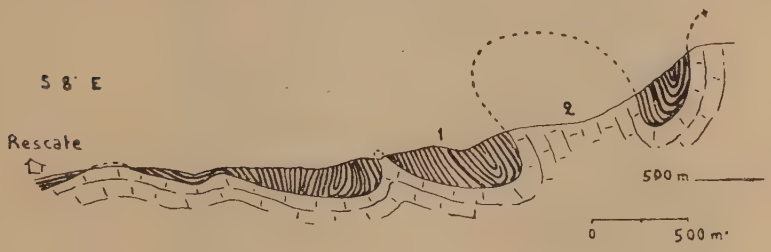


Fig. 17. – Profil de la partie sud de l'éventail du Rescate. 1, Schistes de Jete. 2, Calcaires triasiques.

alors que nous sommes au Rescate près des racines de la nappe de Guajar.

I) Synclinal et anticlinal de l'Almijara

Le flanc est de la Navachica est le plus difficile à interpréter de tout le territoire étudié.

Le haut arroyo de la Almijara est essentiellement occupé par des quartzites et des gneiss schisteux quartzeux bleutés à patine grise et à plis ptygmatitiques, rappelant certains schistes de Casanna des Alpes pennines. Ce sont des schistes de Jete ayant subi l'augmentation générale de métamorphisme d'est en ouest.

Du col 1451 m., part un chemin horizontal N.-S. qui coupe le massif calcaréo-dolomitique blanc formant paroi au sud du col.

A la sortie sud de ce massif, sur le chemin, on relève la coupe suivante:

1. Dolomies et calcaires blancs à trémolite.
2. Phyllites, quartzites et calcaires bruns ..... 1,60 m.
3. Calcaires bleus et blancs ..... 1,0 m.
4. Phyllites et quartzites ..... 1,50 m.
5. Calcaires bleus et blancs ..... 3,5 m.

6. Alternances de quartzites blancs et de phyllites grises et bleues, avec, à mi distance, un petit banc de calcaire brun interstratifié ..... 8 m.
7. Schistes de Jete.

La série est verticale.

Continuant sur le chemin et remontant le premier ba-

Fig. 18 *a*.—Le synclinal de l'Almijara vu du S.-E.
1, Calcaires autochtones de l'anticlinal de l'Almijara (flanc nord). 2, Schistes de Jete charriés (n. de Guajar). 3, Calcaires du pli en retour de l'Almijara.

Synclinal de l'Almijara. Lieux (o) et directioes (→) des phot.

1, 2, 3, Même légende que fig. 18 *a*.

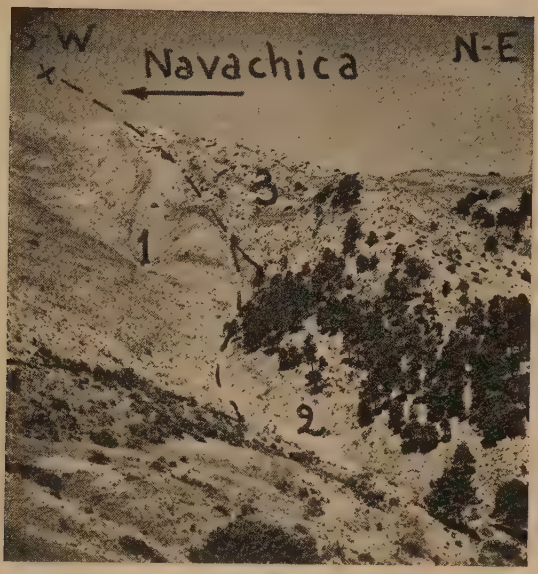


Fig. 18 *b*.—Serrage tectonique de la bande schisteuse charriée (2), au N.-E. de la Navachica. *(Photo Fontboté.)*

Fig. 18 *c*.—La bande de schistes de Jete prise entre les calcaires autochtones du S.-W. et parautochtones du N.-E. *(Photo Fontboté.)*

rranco qui se présente, on constate que les schistes subverticaux s'appuyent contre des calcaires plissotés à patine brune, paraissant concordants, par l'intermédiaire d'une zone de quartzites clairs.

Les schistes forment une étroite bande, soulignée par un replat topographique, qui se suit en direction N.-W. sur 2 km., (fig. 18 *b.*), puis se pince sous les calcaires blancs du Pt. 1651 (fig. 18 croquis *a*). Au sud du Pt. 1651, à un petit col, la coupe ci-dessus se répète avec développement des calcaires aux dépens des phyllites.

Du col 1451 descend au sud un chemin paralléle à celui de la coupe précédente mais 100 m. plus bas, qui longe le contact inférieur des schistes sur les calcaires. Là encore, les schistes, riches en intercalations de calcaires bruns du type werfénien, sont presque concordants sus les calcaires bleus et blancs du haut barranco de la Topera. Mais un examen attentif montre que le contact est assuré par une zone de quartzites blancs et phyllites verdâtres laminées légèrement en biseau sur les calcaires.

Dans ces schistes isoclinaux, apparaissent par çi par là, des affleurements dolomitiques ou calcaires qui ne sont pas à leur place, indices de replis violents dont les charniéres sont érodées ou cachées. Le plus important de ces affleurement, de dolomie blanche séricitique et calcaire blanc vacuolaire, occupe partiellement le col 1451. Un autre, de calcaire vacuolaire beige à grain fin, se voit au dessus du chemin supérieur 500 m. à l'E.-S.-E. du Pt. 1608.

La vallée à l'ouest du Pt. 1651, au haut de laquelle se pincent les schistes sous les calcaires (fig. 18 *b*), suit à peu près le contact, paraissant en escalier, des calcaires sur les schistes qui perçent en 2 endroits, au fond de la vallée, leur couverture calcaire triasique.

La bande schisteuse pincée réapparait au sud du Puerto de la Ventosilla. 300 m. au S.-W. de la Navachica. une klippe de schistes à hornblende, paléozoïques, chevauche les calcaires du flanc nord de l'anticlinal de l'Almijara. Cette klippe, différente de la bande schisteuse par sa pétrographie et parce qu'elle n'est pas pincée appartient

vraisemblablement à une digitation de la même nappe. 2 interptétations de la région sont possibles:

1) On peut considérer le massif calcaire blanc des Pt 1594 et 1651 comme couverture normale des schistes, laminés au contact. L'ensemble serait charrié sur les calcaires de la Navachica et du haut barranco de la Topera, et des mouvements posthumes lui auraient donne sa forme synclinale actuelle.

2) Je crois plutôt qu'il faut expliquer ce synclinal par des mouvements postérieurs au charriage des schistes seuls, comme l'expliquent les croquis de la fig. 19.

M. Blumenthal a mis en évidence, au nord de Cadix, des poussées antibétiques affectant le Subbétique. Sur le territoire étudié ici ne s'observe aucune contrepoussée. Ce

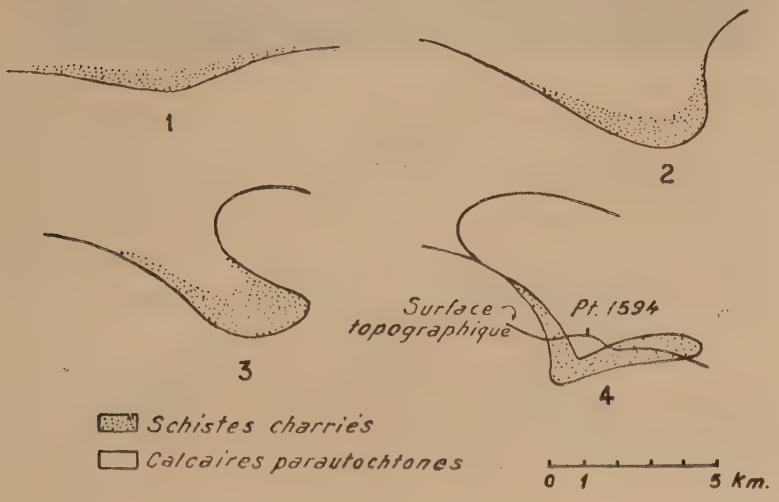


Fig. 19. - Quatre étapes de la formation du synclinal de l'Almijara. 1, Charriage des schistes. 2, Synclinal posthume. 3, Involution. 4, Etat actuel.

synclinal de l'Almijara ne serait pas dû à une contrepoussée mais à un pli en retour replissé de belle envergure, amenant un phénomène d'involution dans la nappe de Guajar.

J'hésiterais à admettre des mouvements postérieurs au charriage si considérables, si n'apparaissaient pas sur le flanc sud de l'anticlinal de l'Almijara des phénomènes que je n'explique pas sans faire intervenir des plissements posthumes de grande envergure.

Descendons par exemple de Alto del Barranco del Pino sur le Rescate par le camino de la Sierra. Après avoir

Fig. 20. – Le flanc sud de l'anticlinal de l'Almijara, vu du Cerro del Sol. Schistes et quartzites paléozoïques (1) pincés entre le Trias dolomitique de l'écaille del Sol (2) et le Trias calcaire du flanc sud de l'anticlinal de l'Almijara (3).

suivi longtemps une monotone série subverticale de calcaires lités plissotés, on pénètre avec étonnement dans des quartzites blancs séricitiques et des phyllites, puis des schistes de Jete en pseudo-concordance sous les cal-

caires. Cette série forme une étroite bande entièrement fermée par les calcaires.

Au nord et à l'est du Pt. 1210, 1,3 km. au sud-est du Cielo, une aurre bande de schistes et quartzites séricitiques à rares passées phylliteuses es pincée par les calcaires à trémolite de nouveau en concordance apparente. On peut songer à un serrage tardif de ces schistes, ce qui s'accorderait bien avec le style tectonique de la région car il est clair que, sur la transversale de Maro, l'anticlinal de l'Almijara a subit un resserrement tardif accentué. Mais il est plus probable q'un affaissement posthume du compartiment supportant les quartzites explique la disposition actuelle.

Comme dans la plupart des cas, il y a concordance apparente entre les schistes et les calcaires, on ne peut pas à priori exclure qu'il s'agisse d'intercalations stratigraphiques schisteuses séparées localement des calcairea par des plissements disharmoniques. Cette remarque n'est faite que pour la forme car la disposition de l'ensemble montre clairement que les schistes sont charriés.

La zone côtière schisteuse paléozoïque est également pincée à l'ouest en une étroite bande en «doigt de gant» en concordance apparente avec le Trias calcaire et dolomitique qui l'enserre, c'est à dire avec le flanc sud de l'anticlinal de l'Almijara au nord et l'écaille del Sol au sud (Fig. 20 et 28).

Le profil 9, pl. I, explique la disposition de l'anticlinal de l'Almijara qu'un examen superficiel fait considérer comme une gigantesque es simple voute.

2 km. au sud du cjo. de la Almijara, en suivant la crête qui descend à l'est du Pt. 1482, on relève la coupe suivante:

1. Calcairss bleus et blancs plissotés, en lits de quelques décimètres d'épaisseur.
2. Dolomies bleus foncées à grain très fin, bien litées..... 25 m.
3. Alternances de schistes bleus foncés à pa-

	tine rouillée, en bancs épais, et de quartzites beiges séricitiques	3	m.
4.	Dolomies bleues	3	m.
5.	Quartzites blancs finement lités, très séricitiques et à grain très fin	0,2	m.
6.	Dolomies bleues	5	m.
7.	Schistes et quartzites 3	2,5	m.
8.	Dolomies bleues, bien litées, pulvérulentes et faiblement séricitiques	3	m.
9.	Schistes et quartzites rouillés	1,8	m.
10.	Dolomies bleues alternant avec quelques lits de schistes quartziteux. L'axe de plissotement des schistes correspond à leur direction, soit N. 50° W	6	m.
11.	Calcaires bruns séricitiques lités	0,2	m.
12.	Calcaires vacuolaires blancs à beiges, saccaroïdes, à grain fin, séricitiques	5	m.
13.	Dolomies blanchâtres pulvérulentes à grain fin	0,3	m.
14.	Alternances des dolomies bleues, quartzites séricitiques et schistes.		
15.	Klippe de schistes de Jete.		

Cette coupe est un exemple de sucession possible dans la série mixte.

m) La région de Piedra Sillada

Piedra Sillada est l'ultime sommet ouest de la Sierra Almijara, avant d'atteindre la Sierra de Competa. Toute la région est en grandes séries isoclinales, d'apparence calmes, laissant mal paraître les violents accidents qui les interrompent. En bref, nous sommes sur le flanc nord de l'anticlinal de l'Almijara, compliqué de puissantes écailles.

La série calcaire qui surmonte stratigraphiquement les dolomies blanches habituelles débute par quelques mètres de dolomies bleues à grain fin, mal litées, formant les derniers mètres supérieurs de la Loma del Aguila et de la Loma de Ubares (Caserío de Ubares).

Je n'ai pas étudié la tectonique du Trias entre Piedra Sillada et la Sierra Tejeda mais, de Piedra Sillada, il m'a semblé voir à l'ouest l'anticlinal de l'Almijara relié par un autre anticlinal plus accentué, axé E.-W. environ et dont le Lucero formerait le flanc nord et le Cerro de los Machos le flanc sud (ces 2 derniers sommets sur la feuille Zaffaraya).

n) La región entre Jayena et Beznar

La région non cartographiée entre Jayena et Beznar correspond presque entièrement à un plateau triasique essentiellement dolomitique parsemé de klippes de Paléozoïque (nappe de Guajar) et de lambeaux miocènes.

On trouve parfois dans les ravins des échantillons de gneiss dont la présence n'est justifiée par aucun affleurement à l'amont. Ces débris ne sont probablement pas erratiques; ils proviennent vraisemblablement de klippes maintenant complétement érodées. (J. Sermet a signalé des cuvettees glaciaires dans la Sierra Tejeda à 2.000 mètres d'altitude, mais je pense avec M. Blumenthal qu'il s'agit plutôt de formes karstiques, de dolines).

D'Alhama de Granada à Pinos del Valle, le plateau molassique est séparé du relief triasique par un liseré discontinu de micaschistes paléozoïques divers dont l'origine allochtone ne fait pas de doute. Ce liseré suggère que les sédiments molassiques ont comblés une dépression formée par les micaschistes, plus tendres que le Trias calcaire.

o) La zone cotière

A 1 km. au nord de Motril (feuille Albuñol), s'ouvre une grande carrière qui montre les calcaires bleus et blancs et les dolomies grises triasiques pris en coin sous les schistes cristallins et gneiss d'Almuñecar et sur leur base stratigraphique décollée phylliteuse (fig. 22). La zone de trituration est considérable et les failles, accompagnées de brèches tectoniques et d'un enduit d'oxyde de fer, se relaient sur plusieurs dizaines de mètres. L'accident est comparable à celui du km. 333 de la route Almeria-Malaga.

Lorsque l'on voit le complexe gneisso-schisteux pro-

fondément bouleversé, pétrographiquement identique aux klippes du nord, chevaucher les calcaires du cerro Gordo et de l'Escalate, on n'échappe pas à l'impression que le complexe a subi un important charriage. Cet accident, les français de la Mission d'Andalousie l'avaient vu et en firent leur «faille de Motril», gigantesque faille cou-

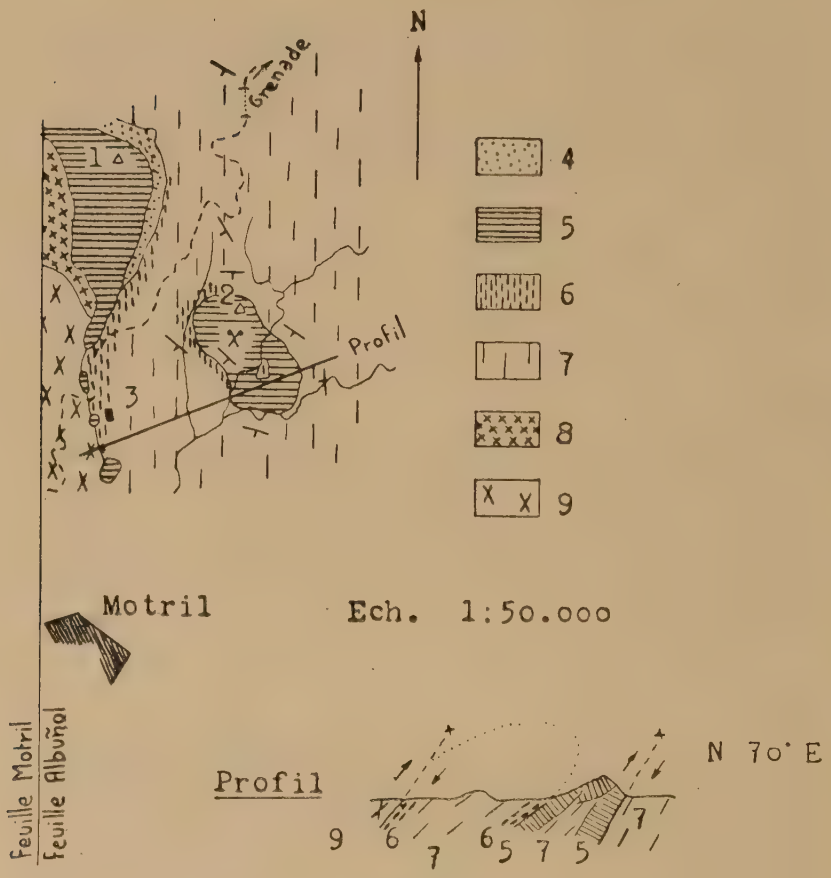


Fig. 21.—Profil et carte géologique schématique de la région au nord de Motril.

1, Cerro Gordo. 2, Cerro del Toro. 3, Cjo. de la Nacra. 4, Brèche de pente. 5, Calç. et dolomies triasiques. 6, Werfénien. 7, Phyllites. 8, Schistes de Jete. 9, Schistes et gneiss d'Almuñecar.

rant de Motril jusqu'à Zafarraya (60 km. à l'W.-N.-W.) et même plus loin sous la molasse. Nous avons vu et verrons que cette faille doit être remplacée au nord de la Sierra del Chaparral par une série de contacts anormaux, se relayant, entre la nappe de Guajar et son substratum.

De Motril à Molvizar, les schistes cristallins chevauchent les calcaires par l'intermédiaire d'une série renversée de plus en plus jeune. Se détachant au nord de la

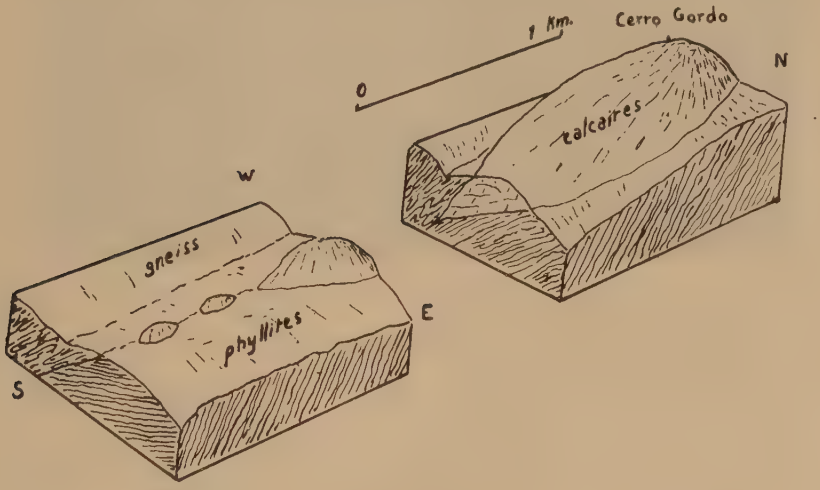


Fig. 22.—Stéréogramme esquissé du Cerro Gordo. Les calcaires triasiques sont séparés des phyllites wérfeniennes par plissements disharmoniques. Les gneiss de la zone radicale de la nappe de Guajar, chevauchent l'ensemble.

route de Molvizar, à 1 km. à l'E.-S.-E. de ce village, le chemin de Velez longe le contact des schistes du Velilla sur les calcaires lités bleus et blancs de la Loma de Espartinas. Des calcaires bruns du type werfénien jalonnent le contact. Un examen superficiel laisse l'impression que nous avons là une série renversée laminée car les 2 séries sont presque concordantes, mais un examen attentif révèle que les calcaires sont légèrement coupés en biseau, sous un angle de 5 degrés environ. Pétrographiquement les schis-

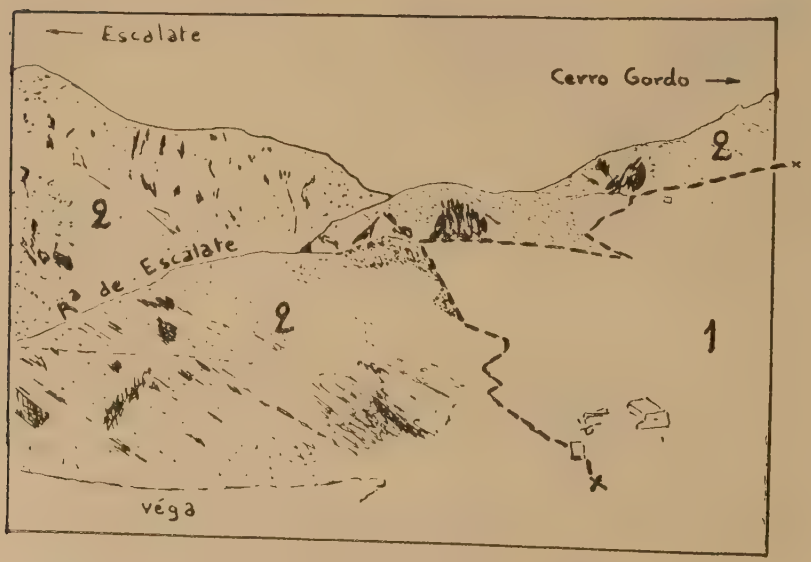


Fig. 23.—Charriage du Paleozoïque (1) sur les calcaires triasiques (2) au sud de la rambla de l'Escalate. Photo prise du Pt. 125 en direction est.

tes du Velilla à épidote ont remplacé les schistes cristallins du nord de Motril car le flanc renversé de l'unité charriée est mieux conservé. Ce sont les mêmes unités tectoniques en présence qu'au nord de Motril (fig. 24).

Sur le chemin du Rescate à Almuñecar par le Ventorro, on voit clairement, 500 mètres à l'ouest du Ventorro, les plus profonds gneiss du complexe d'Almuñecar chevaucher les schistes du Velilla et de Jete. Le contact est également mécanique à 1,2 km. au S.-W. d'Itrabo, sur le chemin d'Almuñecar.

Tous ces accidents ne sont que locaux et plusieurs raisons obligent à enraciner ici même sur la côte la nappe qui, individualisée, laissera des klippes à plusieurs dizaines de km. à l'intérieur du pays.

J'ai noté au paragraphe «schistes de Jete» que les gneiss d'Almuñecar étaient en continuité stratigraphique avec les phyllites et les calcaires triasiques ce qui impliquait l'absence d'orogenèse hercynienne notable, comme P. Fallot l'avait déjà dit, Ainsi, au nord du chemin d'Otivar à Itrabo, 400 m. à l'est de l'établissement San Jorge immédiatement après un gros éboulis récent, s'observe une série calcaire triasique subhorizontale parfaitement normale sur les schistes de Jete supérieurs, à quartzites brunâtres et verdâtres. Egalement, de Itrabo, sur les gneis, aux mines du Tesoro, dans les calcaires triasiques la série est parfaitement normale. Enfin toute la région de Las Casulas s'explique par des plis couchés et des charriages très réduits.

Il faut alors considérer toute la zone schisto-gneissique d'Almuñecar comme enracinée sur la côte et présentant quelques digitations de peu d'ampleur dont une seule, s'épanouissant, donnera la nappe de Guajar. Que cette nappe soit bifurquée dans sa région frontale, cela sort de man cadre d'études mais sur le terrain étudié, il n'y a aucune raison de ne pas considérer la nappe comme unique, comme Blumenthal l'avait prévu il y a une vingtaine d'années.

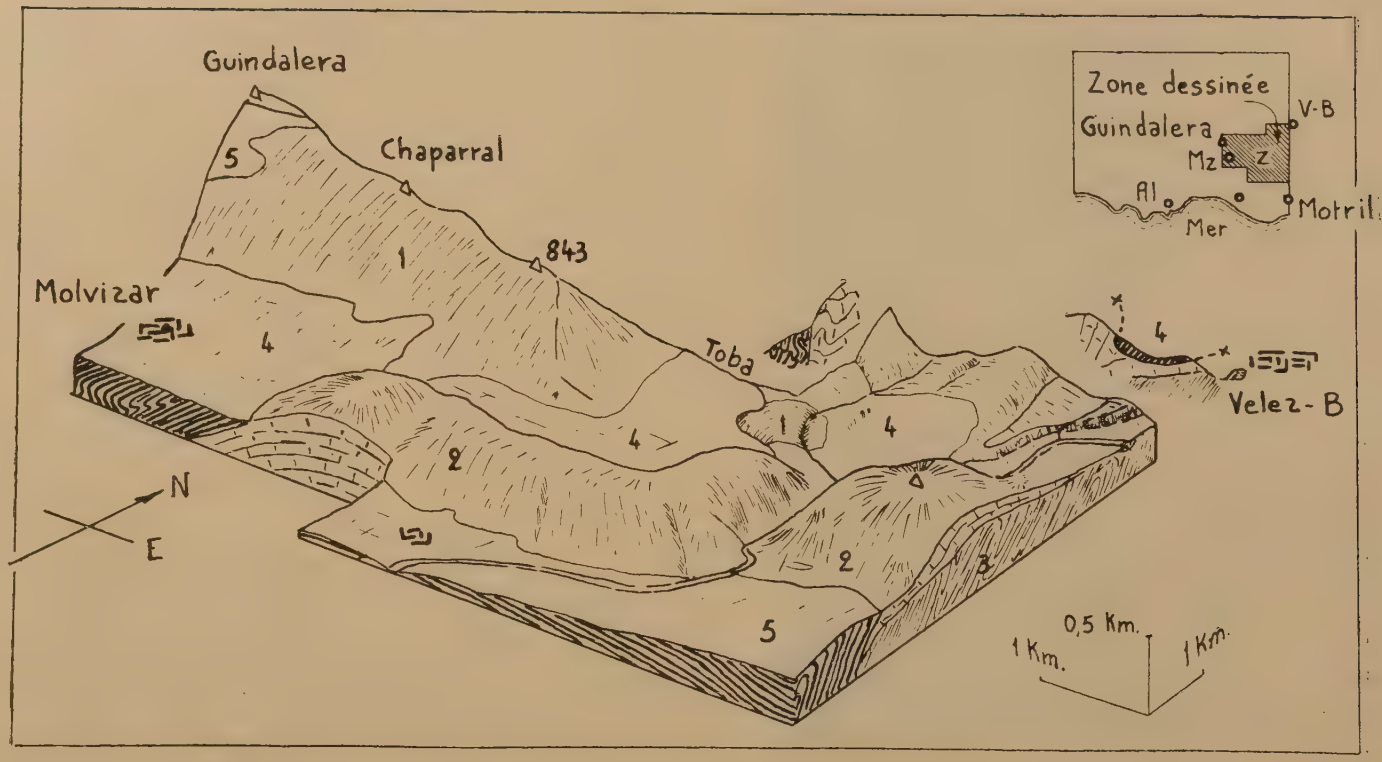


Fig. 24.—Morpho-structure des chainons entre Molvizar et Velez-Benaudalla,
1, Trias dolomitique. 2, Trias calcaire. 3, Phyllites. 4, Schistes de Jete. 5, Gneiss de Almuñecar. Al, Almuñecar.
Mz, Molvizar. V-B, Velez-Benaudalla.

1) La côte entre Motril et Almuñecar

La côte entre Motril et Almuñecar est caractérisée par la grande extension des schistes cristallins et des gneiss de la nappe de Guajar.

De petits afleurements dolomitiques, rarement calcaires, triasiques, coupent la monotonie de ces schistes. A

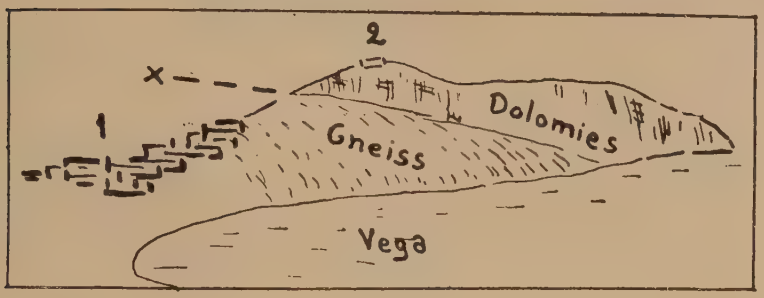


Fig. 25.—Klippe dolomitique triasique sur gneiss d'Almuñecar, dessinée de l'W.-N.-W. Ces dolomies appartiennent à l'écaille del Sol qui a recouvert les gneiss de la nappe de Guajar après la mise en place de cette dernière. 1, Salobreña. 2, Chateau maure.

l'exception de celui du km. 333 de la route nationale, ce sont des klippes. L'une des plus importantes est celle de Salobreña sur laquelle est construit un pittoresque village (fig. 25).

En se dirigeant d'est en ouest par la route, les observations les plus importantes à faire sont les suivantes:

3 km. au N.-E. d'Almuñecar, les gneiss de la côte chevauchent les schistes épidotiques du Velilla Le contact est jalonné de place en place par des témoins dolomitiques. L'un de ces témoins, qui coupe la route nationale au km. 333 affleure sur 0,3 km.^{2}; le passege des dolomies aux schistes épidotiques sous-jacents est assuré par une zone triturée jaune-brun, analogue aux «conglomeratische mergel» des auteurs hollandais (fig. 26).

La différence tectonique essenrielle entre ces dolomies du km. 333 et tous les autres affleurements dolomitiques de la côte est qu'elles représentent le seul témoin du subs-

tratum de la nappe de Guajar. En effet ces dolomies, décollées sur leur base stratigraphique schisteuse, paraissent sous la nappe de Guajar alors que toutes les autres appartiennent à une écaille ayant recouvert la nappe de Guajar

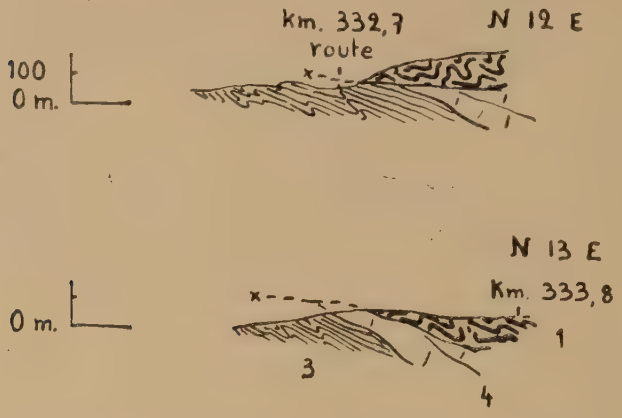


Fig. 26.—Profils au 1 : 25.000 près du km. 333.
1, Gneiss d'Almuñecar. 3, Schistes du Velilla. 4, Dolomies triasiques.

après sa mise en place; il ne subsite de cette écaille que les «chicots» dolomitiques ponctuant le paysage côtier (voir p. 85). Il s'agit de l'écaille del Sol.

2. L'écaille del Sol

Continuant vers l'ouest, on passe après Almuñecar sur les schistes et quartzites de la Mona bientôt recouverts par une autre de ces klippes dolomitiques cotières, celle qui occupe le double cap de la Punta de la Mona (fig. 27), et dont le contact sur les quartzites à épidote est assuré par une zone de broyage schisteuse sur plusieurs mètres suivie de schistes à biotite et grenats. Le massif de la Punta de la Mona, en dolomies triasiques grises très dures, est troué localement jusqu'aux schistes qu'il chevauche. Il n'est pas douteux que ces dolomies appartiennent à la même unité tectonique que le Cerro Gordo, 2 km. à l'ouest qui, par le Cerro Caleta et le Cerro del Sol, se fond dans le flanc sud de l'anticlinal de l'Almijara.

Fig. 27. — Une des klippes dolomitiques cotières, formant le cap de la Punta de la Mona (2), sur les schistes et quartzites à épidote (1). Dessiné du N.-W. Remarquer la courbure de la plage dont la regularité est due à un courant cotier W.-E. 3, La Herradura. 4, Vega. 5, Terrasse. 6, Eboulis.

La liaison stratigraphique avec cet anticlinal oblige à considérer toutes les klippes delomltiques de la côte jusqu'à Motril comme appartenant à une gigantesque écaille de Trias ayant chevauché la nappe de Guajar lors d'une phase postérieure à la mise en place de cette dernière. Je nom-

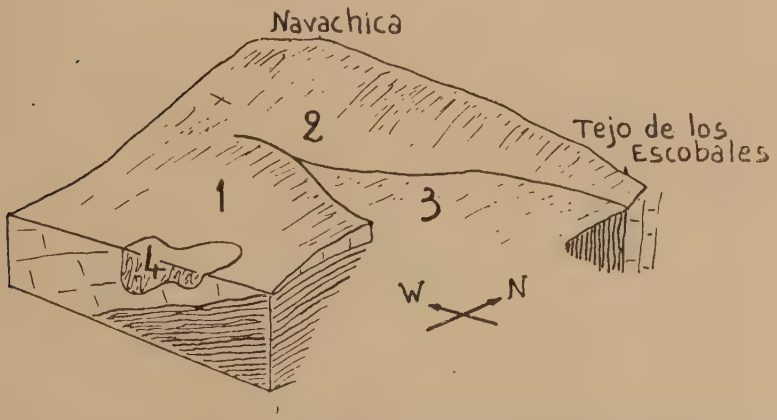


Fig. 28. — Stéréogramme très schématique montrant la jonction entre l'écaille del Sol (1) et le flanc sud de l'anticlinal de l'Almijara (2). Les schistes 3 se pinçent entre 1 et 2. 4, zone de Maro.

merai cette nouvelle unité «écaille del Sol» du nom du sommet le plus élevé lui appartenant.

A l'appui de cette hypothèse tendant à individualiser l'écaille del Sol, on constate que la surface de contact de ces dolomies sur le Paléozoïque côtier devient de plus en plus horizontale à mesure que l'on va vers l'est, c'est à dire à mesure que l'on s'éloigne de la jonction avec l'anticlinal de l'Almijara, ce qui s'explique par le charriage de plus en plus important des dolomies. Cette surface de contact, pendant toujours au sud, passe de la subverticalité dans le río de la Miel, à 60 puis 45 degrès sous le Cerro Gordo et à 30 degrès environ à Salobreña.

Le Cerro Gordo, essentiellement dolomitique, admet sur son dos et sur ses flancs des passées fortement phylliteuses liées stratigraphiquement à des bancs dolomitiques lités, plissées et pincées comme des écailles entre les do-

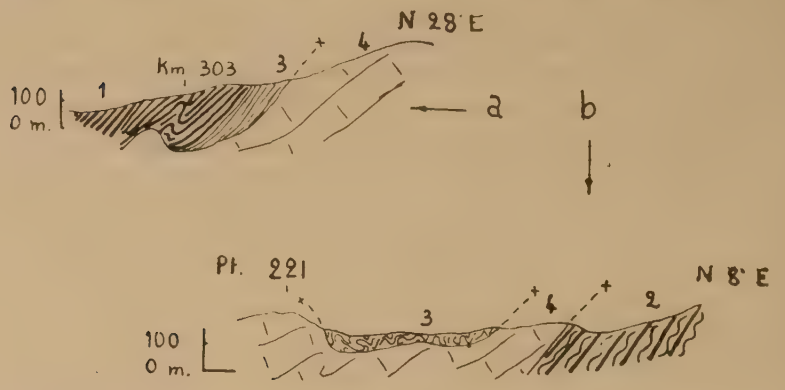


Fig. 29. - Profils de la zone de Maro. 1, Paléozoïque ancien de Maro. 2, Paléozoïque récent, groupe des quartzites de la Mora. 3, idem groupe des schistes de Jete. 4, Trias dolomitique.

lomies compactes. Ces passées ont été supprimée de la carte pour ne pas la surcharger. On en voit une au kilomètre 315,9 de la route nationale et, sur l'autre flanc, au km. 312, ainsi que sur le dos du massif.

Le río Cantarrijan sépare le Cerro Caleta du Cerro Gordo. Au sud de la route nationale gisent de part et d'autre

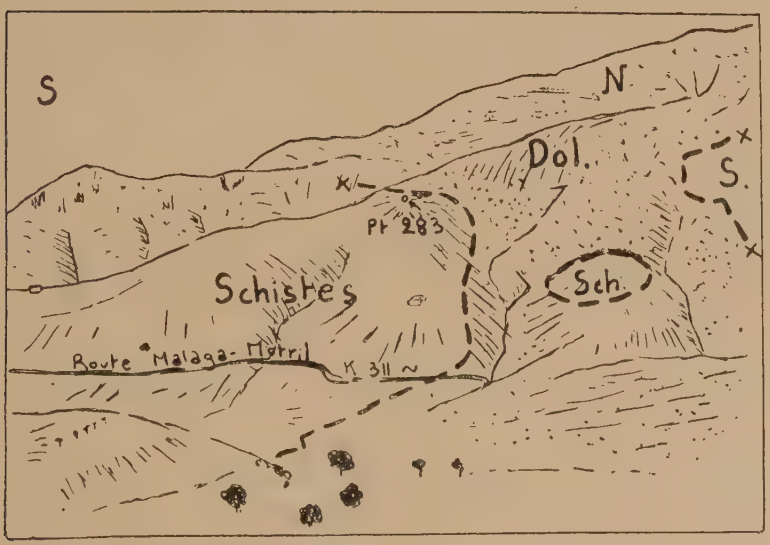


Fig. 30.—Chevauchement des schistes de Jete sur les dolomies du Cerro del Sol. A l'éxtreme droite, schistes et quartzites de la Mona (S).

du río, des klippes de schistes cristallins et quartzites d'un type très voisin des schistes et quartzites de Jete. Ces reliques chevauchent des dolomies blanches par une surface de contact extrêmement compliquée, contrastant avec la grande surface de contact presque plane entre les mêmes dolomies sur la zone des quartzites de la Punta de la Mona au nord (fig. 29 *b* et 30).

M. Blumenthal, sur sa carte au 1 : 400.000e, atribue ces klippes à son «écaille de Maro», détachée de la «nappe de Malaga». Je pense plutôt que ces sediments de type alpujarride appartiennent à la nappe de Guajar et ont été transportés sur le dos de l'écaille dolomitique del Sol lors de la mise en place de cette dernière. Il faut songer ici à un passage latéral de facies entre le Paleozoïque de la nappe de Guajar et le Paleozoïque de l'unité de Malaga plus a l'ouest. Cette unité de Malaga est, à mon avis, la continuation latérale de celle de Guajar et ne provient pas du sud de cette dernière (voir p. 95).

a) Aperçu minier.—Les calcaires triasiques sont minéralisés, mais la dispersion de la minéralisation, caractérisée par sa monotonie et sa pauvreté, a fait échouer les nombreux essais d'explotation. Il y a une centaine de mines ou de simples excavations, réparties en 5 grands groupes. Ces mines étaient en activité au début du siècle et ont peu à peu été abandonnées, jusqu'aux plus riches, celles d'Albuñuelas, en 1952. Ce sont presque toutes des mines de wulfénite, donc de molybdène et de plomb. D'autres contiennent la calamine. Le groupe du Tesoro, seul, offre du cobalt et du cuivre. Enfin du fer a été exploité en plusieurs endroits. La série minéralisée est exclusivement du Trias calcaire.

Le groupe le plus riche est celui du Cerro de la Cruz, 3 km. au S.-S.-E. d'Albuñuelas. Une vingtaine d'excavations ont été practiquées, dans les calcaires lités surtout. Le tout venant offre une assez grande variété. La wulfénite se présente en minuscules et rares petits grains dans plusieurs horizons:

1) dans les calcaires verts ou bleus spathiques et micacés à passées de phyllites bleues digérées latéralement.
2) dans des quartzites blancs micacés finement lités.
3) dans des dolomies blanches séricitiques bien litées.

La wulfénite est vraisemblablement métasomatique: mais on voit aussi des microfilonnets de galène à gangue calcitique qui, elle, serait hydrothermale. La minéralisation est sans doute de la limite des phases hydrothermales et pneumatolotiques.

Entre Molvizar et Itrabo, à 700 m. au nord du Tesoro, une vingtaine d'excavations de 1 à 50 m. de profondeur sont practiquées sur les 2 flancs d'une colline axée N.-S. et formée de calcaires et de dolomies. Du colbalt sous forme de sperrylite et du cuivre sous forme de malachite et d'azusite imprègnent la roche et remplissnet les fissures.

Sur le chemin de Molvizar à Velez-Benaudalla, sur le flanc nord de la Loma de Espartinas, 500 m. au nord du Pt. 440, de la limonite exploitée imprègne les calcaires lités.

A 2,4 km. à l'est de Guajar-Faraguit, à l'ouest du Pt, 487, de la limonite vraisemblablement hydrothermale s'est dèveloppée à partir d'une faille dans les calcaires lités très triturés.

Les mines du haut barranco de Cazadores (au nord de Maro) ont été exploitées il y a longtemps pour la calamine dont il est difficile de trouver maintenant, même dans les déblais de mines, un échantillon, si petit soit il.

Il est probable que pour toutes les mines de wulfénite, la minéralisation est d'abord filonienne, puis s'approchant de la surface, les filons se perdent et on passe à la métasomatose aves apport. Ainsi s'expliquerait la présence de galène filonienne et de wulfénite métasomatique, cette dernière étant de la phase pneumatolitique à cause du molybdène qu'elle contient.

Bitume.—On parle beaucoup à Velez-Benaudalla du «pétrole» de la Cueva Negra. La Cueva Negra est située

à quelques m. au dessus du chemin de Guajar Faraguit à Guajar Alto, à 1/4 d'heure de marche de Guajar-Faraguit. C'est une caverne déterminée par la surface de décollement des dolomies cataclastiques sur une série calcophylliteuse fortement boulversée et altérée. La dolomie cataclastique est bitumineuse et le bitume, concentré le long de la surface de décollement, suinte et tapisse par endroit la grotte d'un enduit visqueux brun foncé. Une matière organique visqueuse, d'aspect bitumeux, brun foncé, se développe également à partir des excréments de chévres qui ont habité la caverne pendant longtemps.

b) Microtectonique.—La microtectonique comprend, comme chacun sait, l'étude des axes de plissement et de plissotement, de la linéation, des diaclases, etc... et son but est de faciliter et de compléter l'analyse tectonique proprement dite. Bien que l'école de A. Wegmann à Neuchâtel s'occupe activement de la question, aucune publication générale en français n'existe, à ma connaissance, sur la microtectonique, toute le littérature étant en allemand et en anglais. En Espagne, le professeur J.-M. Fontboté en est l'enthousiaste paladin et c'est sur son conseil que j'ai essayé de dresser une carte microtectonique.

L'interprétation des observations microtectoniques n'est pas encore au point. S'il est clair que les axes de plissement sont perpendiculaires aux axes de pousées locaux, il n'est pas toujours possible d'intarpréter les diaclases. Je les ai néanmoins relevées sur tout le térritoire étudié. Quant à la linéation, elle est presque toujours parallèle ou perpendiculaire aux axes de poussée, et rarement oblique (20).

J'ai dressé, en colligeant toutes les surfaces de charriage visibles, une petite carte dont on ne peut tirer aucunes conclusions quant à la direction et encore moins au sens de l'effort tectonique. Cela signifie que la loi, car il y en a certainement une, régissant la distribution des klippes, n'est pas suffisamment apparente pour être mise en évidence par le relativement petit nombre de nos observa-

Fig. 31.—Petits plis et boudinage des calcaires bleus et blancs triasiques. Haut barranco de Cazadores.

Fig. 32.—Un des replis, axé E.-W., dans les quartzites de la Mona. Route Almeria-Malaga km. 324,8,

tions. Ainsi donc, à l'approche de la disparition par ensellement de l'ensemble alpujarride sous le «complexe de Malaga», le comportement tectonique de la chaîne se complique nettement et les lois régissant l'effort tectonique s'estompent.

L'étude microtectonique n'étant pas encore très répandue, il est nécessaire de donner quelques breves explications:

Les graphiques (fig. 33) s'obtiennent por projection stéréographique classique. Les axes, les plans et les perpendiculaires à ces plans sont supposés passer par le centre de la sphère de projection. Les plans (failles, diaclases) sont représentés par l'intersection de leur perpendiculaire avec la sphère. Les axes (linéation, axes de plis) sont représentés par leur intersection avec la sphère.

Les quelques dizaines de graphiques microtectoniques que j'ai dessinés et dont je ne publie que le meilleur, sont tous décevants, c'es à dire que les points représentatifs sont dispersés.

Il es probable que c'est le gauchissement général de tout le territoire, postérieurement au charriage de la nappe de Guajar, qui a masqué toute loi ou ébauche de loi qui aurait pu être initialement déduite. J'écarte à priori la pensée que ce sont mes critères notés mal choisis dans l'espace, mal groupés ou trop peu nombreux qui en sont responsables.

On m'objectera que les plissements posthumes sont généralement à grand rayon de courbure, comme pour l'importance surrection post-molassique de la Sierra Nevada, et que par conséquent la loi de répartition d'efforts tectoniques peut être modifiée, mais non pas effacée. Mais dans la région bétique qui nous occupe, les plissements posthumes peuvent être très violents; le synclinal posthume du Purche, d'un rayon de courbure de quelque 200 m., en es un exemple (35).

Malgré les gauchissements, l'étude microtectonique permet d'esquisser une tectonique transversale qui n'était pas apparente par simple étude des pendages. Ainsi loca-

Fig. 33 *a*.—Projection stéréographique des pôles de diaclases des gneiss de Almuñecar entre les km. 340,0 et 340,6 de la route Malaga-Motril. 2 systèmes de diaclases sont mis en évidence (N. 10° W. et N. 50° E.).

Fig. 33 *b*.—Projection stéréographique des pôles de diaclases (d), plans de failles (f) et stries de glissement (s) des dolomies triasiques de la basse rambla de los Secanos, entre los Pt. 157 et 213 (entre Guajar et Velez-B.).

lise-t-on par les axes de plissement une transversale déprimée, grossièrement axée NNW.-SSE., passant près du Pico de Torillas, entre Otivar et El Rescate.

Il existe aussi une petite transversale déprimée axée N.-S., entre Molvizar et Itrabo, qu'il n'est possible de suivre que sur les schistes de Jete, c'est à dire sur 2 km. seulement.

3. La nappe de Malaga

Lorsque de Canillas de Aceituno (Sierra Tejeda), on descend sur Nerja, par Sedella, Competa et Frigiliana, on constate que le Trias alpujarride disparait sous un complexe paléozoïque charrié qui est en continuité tectonique avec la série renversée alpujarride entre Cantarijan et Maro. Cette disparition, cêjà constatée par les géologues qui ont suivi la transversale Maro-Competa, est interprétée par M. Blumenthal comme étant la disparition par descente axiale du Trias alpujarride sous le Bétique de Malaga.

Le domplexe groupé sous ce nom de Bétique de Malaga (ou complexe de Malaga ou encore, nappe de Malaga), décrit par M. Blumenthal, comprend à la base des schistes métamorphiques, puis des calcaires noirs gauchis (les «calizas alabeadas» de D. Orueta) et des grauwackes. Une série transgressive débute par un Permo-trias détritique localement acompagné de Muschelkalk, de Lias et de Lutétien. Vers le bord radical de la «nappe», du Jurassique, du Malm, du Néocomien et du Lutétien sont signalés (11, 12) [1].

Tectoniquement, ce complexe de Malaga fut séparé des Alpujarrides par l'hétéropisme de facies entre son Permotrias, proche du type germanique, et le Trias alpin alpujarride. Le passage de facies d'un type à l'autre devrait se faire en 15 km. environ et fut considéré comme peu

1) Pour tous détails complémentaires sur la nappe de Malaga, il faut lire le très clair exposé du Professeur P. Fallot (30, p. 24).

plausible par M. Blumenthal. C'esr donc la raison pour laquelle le complexe de Malaga fut séparé des Alpujarrides qu'il chevauche.

Je cite textuellement Blumenthal (11, p. 503), parlant de l'individualisation de la nappe de Malaga, car ce passage est très important au point de vue tectonique:

«....Das Betikum von Malaga ist durch eine stark an die germanische Fazies sich anlehnende klastische Permotrias charakterisiert, während die Alpujarriden durch ihre typische und mächtige alpine Trias mit nicht nachweisbarem klastischen Perm gekennzeichnet sind. Ein Ubergang von der einen Fazies in die andere ist im Grenzgebiet der Provinzen Malaga und Granada innerhalb der 15-20 kilometer, welche die benachbarten Ausläufer beider Faziestypen trennen, nicht sehr plausibel. Ganz von theoretischen Erwägungen ausgehend mag hier, im Bestreben einen Zusammenhang zwischen den Provinzen Granada und Malaga zu warhen, eine Möglichkeit der tectonischen Beziehungen angedeutet sein». [1]

Il existe aussi un certain hétéropisme de facies entre le Paléozoïque récent alpujarride (schistes de Jete, quartzites, etc ...), et le Paléozoïque récent du complexe de Malaga (grauwackes, calcaires, etc....).

Contrairement à M. Blumenthal, je pense que les nappes de Malaga et de Guajar peuvent être considérées comme formant ensemble une même unité pour la raison suivante [2]:

---

1) «Le Bétique de Malaga est caractérisé par un Permotrias clastique très proche du type germanique; celui-ci est absent des Alpujarrides dont le Trias est alpin, typique et épais. Un passage latéral entre les 2 facies, qui devrait se faire en 15-20 km. au contact des provinces de Malaga et de Grenade, n'est pas très plausible. C'est donc par des considérations toutes théoriques que l'on comprend les rapports tectoniques entre les 2 provinces sus-nommées».

2) Les remarques qui suivent ne sont valables que pour la zone radicale. Pour la zone frontale entre Zaffaraya et Murcie, c'est une autre question; les belles observations inédites du Professeur J.-M. Fontboté et de F. Fernex amènent aussi à envisager une distribution des unités bétiques autre que celle qui était admise jusqu'à présent.

M. Blumenthal considère que les schistes cristallins paléozoïques de la zone de Maro, très voisins pétrographiquement de ceux du Bétique de Malaga (kaum unterscheidbar sind), appartiennent à une gigantesque écaille détachée du Bétique de Malaga. Or cette zone de Maro surmonte *stratigraphiquement,* il n'y à aucun doute à ce sujet, les quartzites métamorphiques du type de la Mona qui eux, son typiquement alpujarrides. Ce passage stratigraphique peut être observé en plusieurs endroits entre Maro et l'embouchure du río de la Miel. Il suffit par exemple de faire 200 m. sur le chemin de los Colmenarejos (partant au nord, au km. 303,2 de la route Malaga Almeria) (fig. 14*a*). Nous avons donc là une zone alpujarride en continuité tectonique et stratigraphique avec le complexe de Malaga. Le fait que cette zone n'est plus en continuité aussi avec la nappe de Guajar comme c'était le cas originellement doit être attribué à mon avis uniquement à des mouvements postérieurs aux grands charriages (voir p. 84).

M. Blumenthal a attribué au front de la nappe de Malaga tous les affleurements de schistes cristallins, de Paléozoïque récent et de Permotrias formant une étroite bande discontinue allongée sur près de 300 km. (entre Grenade et Murcie) et séparant le Subbétique au nord des Alpujarrides au sud. Or J.-M. Fontboté me fait remarquer que, contrairement à ce que s'observe entre Malaga et Nerja, le Paléozoïque récent et le Permotrias qui lui est lié sont indépendants des schistes cristallins, ce qui permet de leur donner une origine tectonique bien distincte et n'oblige plus à faire venir l'ensemble depuis le sud, par dessus les Alpujarrides, comme Blumenthal le pensait. Je crois alors que seuls les schistes cristallins sont charriés par-dessus la Sierra Nevada (qui était bien moins haute à l'époque du charriage puisque sa surrection principale est post-helvétienne rappelons-le).

Si l'on individualise ainsi les schistes cristallins, il faut les attribuer à la nappe alpujarride de Guajar. En effet, si leur liaison stratigraphique avec le Paléozoïque et le Per-

motrias est révoquée en doute, il n'y a plus de raison pour les mettre dans la nappe de Malaga.

Ces remarques obligent à donner à cette nappe de Guajar des dimensions très grandes; s'agit-il vraiment partout de la même unité? On peut en douter. Il est possible que plusieurs unités supérieures se relaient. L'exiguité relative du territoire étudié empêche de tirer les conclusions définitives à ce sujet.

J.-M. Fontboté me signale que dans la région de Diezma, qu'il étudie actuellement (40 km. à l'est de Grenade), le Permotrias (en écailles poussées vers le sud) présente, du nord au sud, une diminution de la grosseur de ses éléments détritiques. Cette observation permet, pour des considérations paléogéographiques, de considérer ce Permotrias comme parautochtone. En effet, il représenterait le terme de passage cherché entre le facies subbétique néritique (Trias germano-andalou) et le facies alpujarride bathyal (Trias alpin). Là aussi la présence de la nappe de Malaga est mise en doute.

Enfin dans la région de Lorca (prov. Murcie) F. Fernex à montré que l'existence d'un «front de la nappe de Malaga» devait rester dans le domaine des hypothèses (34).

a) Problèmes paléogéographiques

On ne peut guère «dans une atmosphère enthousiasmée par les syntèses, parler d'observations sur le terrain sans avoir le sentiment de déranger et de porter atteinte à un édifice magnifique»[1]. Mais la constatation que dans la zone de Maro et ailleurs le Bétique de Malaga passe stratigraphiquement à des sédiments typiquement alpujarrides pose le problème suivant: Les nappes de Malaga et de Guajar sont-elles réellement indépendantes l'une de l'autre et ne forment-elles pas plutôt une seule unité?

La «nappe de Malaga» étant la plus élevée de l'édifice bétique (dans l'hypothèse classique de Blumenthal), ses

1) Cité de C.-E. Wegmann.

racinas sont les plus méridionales, c'est à dire qu'elles sont situées au sud de celles des Alpujarrides et au nord du «bourretet liminaire africain» dont parle le Prof. P. Fallot (27). Son Paléozoïque ancien est identique à celui de la nappe alpujarride de Guajar: essentiellement micaschistes à grenats, andalousite et staurotide. Son Paléozoïque récent est diférent; c'est d'ailleurs ce qui a motivé son individualisation faite par Blumenthal en 1927.

Il me parait probable que, originellement issus d'un même bassin de sédimentation, les complexes de Malaga et de Guajar se sont individualisés progressivement dès le Gothlandien (début du Paléozoïque récent).

Les 2 unités reposent actuellement sur le Trias alpujarride mais elles ne paraissent nulle part l'une surt l'autre, directement en contact. Elles sont superposées l'une à l'autre, par l'intermédiaire de l'écaille del Sol, mais ceci est le fait de mouvements posthumes.

Il ne faut pas oublier que la «nappe de Malaga» supposée s'étend sur 450 km. de long et que, par conséquent, des passages latéraux importants de ses facies peuvent se produire. Lorsque l'on essaye de replacer les nappes dans leur cadre de sédimentation originel, comme P. Fallot l'a fait dans sa magnifique synthèse (30), on arrive à la conclusion que le Paléozoïque récent de Malaga s'est déposé immédiatement au sud du Paléozoïque récent alpujarride. Mais les observations dans la région de Maro autorisent à penser que le passage de facies du sud au nord que l'on invoque alors a pu se produire d'est en ouest. Ainsi la nappe de Malaga ne serait-elle pas au-dessus de celle de Guajar mais en serait plutôt la continuation latérale.

Les observations inédites de J.-M. Fontboté, qui font douter de l'existence du «front de la nappe de Malaga» au nord de Sierra Nevada, sont loin d'infirmer cés vues.

La reconstitution paléogéographique est evidemment d'autant plus délicate que le Paléozoïque est métamorphique; mais il est formé essentiellement d'ectinites normales, c'est à dire de roches n'ayant pas subi d'apports chimiques importants; il n'y a donc pas de convergences ou

de divergences de facies artificielles et l'on peut essayer de raisonner comme sur des sédiments intacts.

Il n'est à priori pas exclu que le long de l'importante surface de contact anormal Paléozoïque-Trias entre Maro et Competa, la nappe de Malaga surmonte celle de Guajar qui assurerait le contact avec le Trias alpujarride. Cette hypothèse permettrait d'expliquer la présence de Paléozoïque récent de type alpujarride le long et à l'intérieur même de l'unité de Malaga. Le contact supposé entre les 2 nappes se ferait par leur Paléozoïque ancien, identique; l'identité de facies entre les 2 Paléozoïques masquerait le contact qui aurait ainsi passé inaperçu. J'ai coupé à diverses reprises [1] ce contact supposé, sans observer de discontinuité ce qui me fait opter pour la solution d'un passage latéral de facies entre les Paléozoïques récents de Malaga et de Guajar, ce qui entraine une continuité latérale entre les 2 nappes. Seuls les levés géologiques détaillés des feuilles au 1:50.000, Zafarraya (1040) et Velez-Malaga (1054), permettront d'infirmer ou de confirmer cette hypothèse.

b) L'âge du métamorphisme

La subdivision du Paléozoïque en Paléozoïque ancien, passablement métamorphique, et en Paléozoïque récent, épimétamorphique, pose le problème de l'âge du métamorphisme et de l'éventuelle discontinuité de métamorphisme entre les 2 Paléozoïques.

Dans son magnifique travail sur les Kabylies (Algérie), aux nombreuses analogies géologiques avec les Cordillères Bétiques, M. Durand Delga conclut que le métamorphisme est anté-Gothlandien, relevant d'une phase calédonienne ancienne, probablement taconique (24).

Si l'on pousse la comparaison aux autres massifs cristallo-phylliens de la Méditerranée occidentale, on note

1) Entre Torrox et Frigiliana, entre Sayalonga et Competa, et à Benamargosa.

que la plupart sont de type pyrénéen (Montagne noire, Cévennes, Sardaigne, etc. ...), c'est à dire dont le métamorphisme ne monte pas plus haut que le Silurien.

Dans le Bétique, où aucune phase primaire n'a jamais été signalée, il n'etait alors pas exclu que le métamorphisme alpin se soit greffé sur un métamorphisme plus ancien, primaire, et l'ait oblitéré. Mais il m'a semblé au contraire que, comme dans le Rif (27), le Paléozoïque (entre Zaffarraya et la mer) ne présente aucune discontinuité ce qui confirme les observations de M. Blumenthal à l'ouest des miennes. Le changement rapide de degré de métamorphisme que l'on observe parfois se justifie facilement par un front de métamorphisme assez brusque, bien delimité, comme il arrive souvent dans les massifs cristallophylliens.

4. La Sierra Tejeda

La Sierra Tejeda est la plus occidentale des montagnes alpujarrides. Elée disparait à l'ouest par descente axiale sous le complexe de Malaga. N'ayant parcouru la région que rapidement pour compléter la carte au 1:200.000^{s}, je renvoie à M. Blumenthal (15) et à van Dedem (23) pour une description plus complète

a) Le flanc nord de la Sierra

La région entre Zaffarraya et Jatar, dont M. Blumenthal a levé une bonne partie au 1 : 100.000^{e}, est passablement bouleversée, comme c'est d'ailleurs partout le cas à la limite entre le Bétique et le Subbétique; on y rencontre, en une marquetterie qu'exprime mal ma carte au 1:200.000^{e}, tous les sédiments propres à la nappe de Guajar et au complexe de Malaga. La petite colline formant le Pt. 1.140, à l'est de la Venta de Palma, est en gneiss leucocrate à 2 micas et tourmaline; ce type particulier de gneiss ne se retrouve pas ailleurs dans le Paléozoïque bétique à ma connaissance. Un levé géologique détaillé s'impose avan-

de risquer une interprétation cehérente des lieux; il se fera prochainement.

Montant de Jatar au col de Competa, on trouve à l'altitude 1.240 une klippe de quelque 500 m.² de gneiss à 2 micas qu'il faut assimiler hypothétiquement à la nappe de Guajar. Dans la région, il faut être attentif à ne pas attribuer à la même nappe les micaschistes interstratifiés dans les dolomies (v. série mixte) qui, par plissements disharmoniques, prennent parfois une telle indépendance par rapport aux dolomies encaissantes que l'on est tenté de les considérer, eux aussi, comme charriés, bien que leur origine soit toute locale.

b) La zone axiale

Entre la Venta de Lopez et Canillas de Aceituno s'étend une région schisto-gneissique paléozoïque que M. Blumenthal, qui a cartographié au 100.000 la partie ouest,

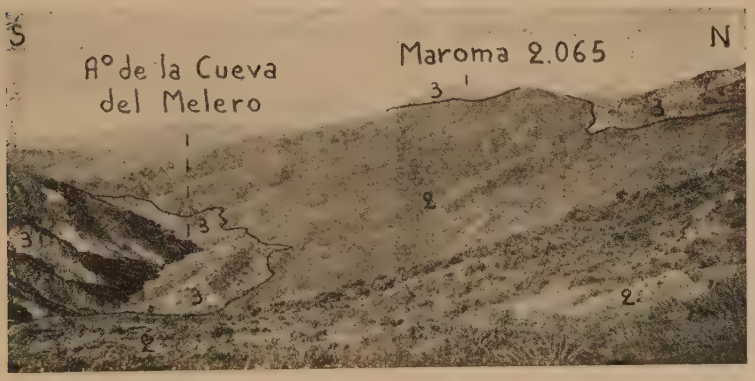


Fig. 34.—La zone gneissique (2) du col de Competa. Photo prise de 400 m. au nord du col du direction ouest. 3, dolomies du Trias. L'ensemble (2 et 3) pend vers le nord

considère comme coeur anticlinal de la Sierra Tejeda (15). L'examen de la partie est me fait croire au contraire que cette zone gneissique doit être considérée comme allochtone pour la raison suivante: le contact qui longe le flanc

nord du haut arroyo de la Cueva del Melero et passe le col de Competa est clairement anormal; les gneiss sont sur les dolomies sur plus de 7 km. de long, ce qui s'explique très mal dans l'hypothèse d'un anticlinal, même déjeté, car il n'y a pas traces de laminage d'une série intermédiaire entre les dolomies triasiques et les gneiss du Paléozoïque ancien. Cette zone gneissique n'est pas anticlinale mais isoclinale, pendant au nord ou avec une forte composante nord.

Il me parait logique d'admettre l'origine allochtone de toute cette zone gneissique du col de Competa, comme pour celle du synclinal de l'Almijara dont elle est d'ailleurs sur le prolongement axial. Il faut attribuer aux mouve-

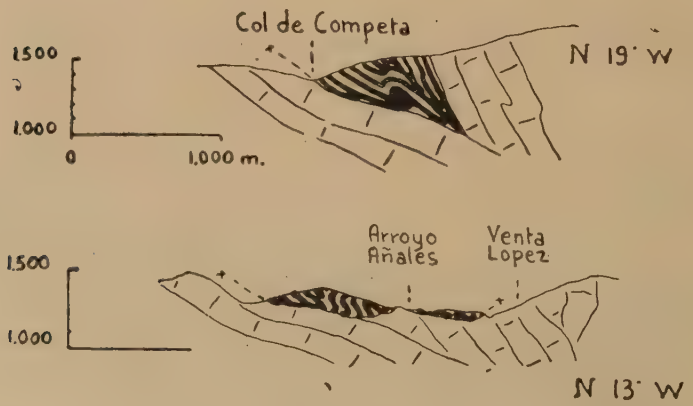


Fig. 35. — Profils près du col de Competa. Traits fins: dolomies du Trias. Traits forts: schistes paléozoïques.

ments posthumes, si violents dans la région, la forme actuelle du contact nord de la zone qui, moins métamorphique que près du contact sud, passe sous les dolomies par l'intermédiaire d'une surface de contact anormal redressée.

Pouvoir invoquer une poussée du nord au sud, c'est à dire de sens contraire au déferlement général alpujarride, permettrait d'expliquer beaucoup plus facilement le dispositif observé. Les preuves manquent pour étayer cette hypothèse mais le repli du synclinal de l'Almijara et les ob-

servations inédites de J. M. Fontboté au nord de Sierra Nevada sont loin de la contredire.

5. La fenêtre de Benamargosa

A 1,5 km. au nord-ouest de Benamargosa [1], au fond du río Benamargosa sur son flanc gauche, affleure le Trias alpujarride typique, marbre bleu et blanc, en fenêtre sous les micaschistes paléozoïques du complexe de Malaga. Cette petite fenêtre, de 0,06 km.^{2}, est très importante au point de vue tectonique. C'est le seul point de repère de Trias alpin entre les Alpujarrides et les Rondaïdes, séparées par 62 km. de Paléozoïque de Malaga [2] dont le caractère charrié ne pouvait être qu'inféré des charriages périphériques décrits par M. Blumenthal (12 et 14).

Le Trias de Benamargosa laisse paraitre sous lui des schistes et quartzites à épidote typiques du Paléozoïque récent alpujarride. Ces mêmes schistes font partie du complexe qui chevauche le Trias. La liaison entre ces schistes à épidote et le Trias alpujarride n'est pas fortuite. Ces facies alpujarrides sont systèmatiquement liés entre eux et l'interprétation tectonique valable pour l'un doit l'être pour l'autre dans ce cas. Il est probable que les schistes qui maintenant ont été entrainés par le complexe de Malaga faisaient partie originellement de la série alpujarride actuellement en fenêtre. La position d'une partie du Trias à été modifiée par solifluxion (dans la petite vallée nord-sud débouchant à la sortie ouest de Benamargosa: 300 m. à l'amont du village), mais il reste clair qu'il s'agit d'une fenètre, homologue de celle d'Albuñol et voyant en présene les mêmes unités pétrographiques. L'exiguité, l'isolement de l'affleurement et la constatation que les nappes

1) Angle sud-est de la feuille au 1:50.000, No 1.039 (Colmenar).

2) La distance est moindre (45 km.) entre les Sierras Tejeda et de Mijas, mais le caractére alpujarride de cette dernière n'est pas certain, le métamorphisme faisant douter de l'âge triasique de ses dolomies (17).

alpujarrides se relaient, ne permettent pas d'attribuer ce Trias à une unitè alpujarride bien définie. Constatons simplement que le degré de métamorphisme est la même que celui de la série du Velilla.

Près de la transversale de Benamargosa, des dolomies beiges recristallisées azoïques, d'âge exact indeterminé mais probablement jurassiques par homologie de facies avec le Subbétique, apparaissent aussi sous le Paléozoïque de Malaga, 300 m. au nord du km. 279,2 de la route nationale Almeria-Malaga, dans une petite carrière abandonnée. Il est probable que nous n'avons pas là une nouvelle fenêtre importante, mais que la sucession anormale résulte d'un recouvrement de peu d'ampleur.

6. Remarque sur la Mischungszone.

La Mischungszone est la zone triturée entourant, en un mince liseré, la Sierra Nevada. Je n'ai rien à ajouter aux descriptions des auteurs précédents (9, 39, 56); néanmoins, puisque Goethe admettait qu'«il es parfois si agréable de parler de choses que l'on connait mal», je dirai que la Sierra Nevada ne m'apparait pas comme une fenêtre anticlinale mais comme un simple coeur anticlinal. La ceinture alpujarride qui l'entoure serait en couverture stratigraphique normale, par l'intermédiaire de la Mischungszone. Pour simplifier ainsi tout de go tout le grandiose schéma bétique; une seule condition est nécessaire: supprimer l'hétéropisme de facies entre la Mischungszone et le Trias alpujarride qui la surmonte. A ce sujet, M. le Professeur Ed. Parejas me suggère que cette Mischungszone pourrait bien être entièrement d'âge permien [1], déposée normalement sur la Sierra Nevada avec laquelle elle est en concordance [2]. Au dessus, les phyllites alpujarrides as-

1) La Mischungszone serait comparable à la zone d'altération permienne entre le Trias alpin et le cristallin du massif des Aiguilles Rouges.

2) Ces remarques ne tendent pas à nier les charriages à grande

surent d'ordinaire le contact mais, parfois, c'est directement le Trias moyen, calcaréo-dolomitique qui repose sur la Mischungszone, ce qui peut s'expliquer par le laminage local des phyllites [1].

Ceci ne restera qu'une hypothèse de travail tant que les levés détaillées systèmatiques n'auront pas été entrepris autour de cette Sierra contreversée.

7. Comparaison avec les Alpujarrides orientales.

L'observation que l'amplitude des charriages alpujarrides augmente de l'ouest vers l'est et que les unités tectoniques se relaient (voir p. 42) es valablè à l'ouest de la transversale de Sierra Nevada. A l'est de cette transversale, il est possible que ce soit le contraire; le style tectonique des Alpujarrides orientales reste à éclaircir. On peut envisager comme hypothèse de travail une amplitude maximum des charriages sur la transversale de Sierra Nevada, d'où il résulterait une accumulation de matérial sur cette Sierra, ce qui déterminerait sa surrection actuelle par compensation isostatique [2].

Dans les Alpujarrides orientales, des élements gneissiques attribués à l'unité profonde de la Sierra Nevada, ap-

---

échelle dans le bétique et je suposse, après J.-M. Fontboté, que les klippes atribuées a la nappe de Guajar (ex.: celle du Purche) au nord de Sierra Nevada proviennent bien du sud de cette dernière.

1) Du gypse a été signalé dans la Michungszone, ce qui est un indice contre l'hypothèse d'une Mischungszone permienne car le gypse n'est d'habitude pas paléozoïque. Mais tous les contacts étant mécaniques, bien des hypothèse sont permises; ce gypse me parait pourvoir être considèré comme erlginellement lié aux phyllites werféniennes.

2) Contre cette hypothèse, il faut noter que généralement l'amplitude maximum des charriages s'observe le long des transversales déprimées (exemple: charriage des nappes helvétiques, entre le massif de Gastern et des Aiguilles Rouges); or la transversale de Sierra Nevada est soulevée.

paraissant de çi de là. Patijn [1] en a signalé dans sa thèse [2]. Mais cela ne prouve pas l'existence de grands charriages.

A mon avis, la «nappe de Malaga» n'existe pas dans les Alpujarrides orientales. Cette affirmation repose en partie sur les nouvelle observations de F. Fernex (34) sur la région de Lorca (province de Murcie), appartinant selon le schéma de M. Blumenthal au front de la nappe à cause de l'existence locale de Paléozoïque et de Permotrias du type de ceux du Bétique de Malaga. Mais cette présence n'est à notre avis pas suffisante pour attester l'existence de la nappe de Malaga. Nous pensons que tant le Paléozoïque que le Permotrias appartiennent et ont toujours appartenu au domaine alpujarride.

A vrai dire, l'extême boulversement tectonique de la région de Lorca, qui rend méconnaissables les séries stratigraphiques originelles, oblige à nuancer les interprétations et à les laisser dans le domaine des hypothèses. Mais il nous semble raisonnable d'admettre, du point de vue paléogéographique, que le facies Permotrias, régulièrement intercalé actuellement entre les dolomies triassiques et les phyllites bleues alpujarrides, appartient exceptionellement ici à la série alpujarride [3]. Quant à la série compréhensive

---

1) Patijn, R.: «Geologische onderzockingen in de costelijke betischen Cordilleren».—Med. Geol. Inst. Univ. Amsterdam No. 65. 1937.

2) F. Fernex et moi-même en avons relevé un nouveau qui offre la particularité de ne pas apparaître en fenêtre sous le Trias alpujarride mais d'être pris en concordance apparente entre 2 séries isoclinales de Trias calcaire alpujarride, sans intercalation de la Mischungszone habituelle (il n'y a pas de Mischungszone proprement dite mais près du contact avec le Trias, des lits de calcaires bruns, probablement métasomatiques, apparaissent dans le gneiss). Le tout plonge au S.-S.-W. de 45°. Il s'agit probablement d'un élément profond entrainé par l'avancée du complexe alpujarride vers le nord, et indice d'accidents très importants. L'affleurement, de quelques centaines de mètres carrés, se trouve dans le haute rambla de los Bolos; longitude E. 2°01'40" (méridien de Madrid), lat' 37°29'18"; sur la feuille No. 997 au 1 : 50.000 (Aguillas, prov. de Murcie).

3) A l'ouest des Alpujarrides occidentales, le Permotrias repose toujours sur le Paléozoïque récent de la «nappe de Malaga». Dans les

paléozoïque, elle présente aussi des termes de passage aux phyllites alpujarrides. Tous les accidents peuvent s'expliquer par un système d'écaillage local (l'ensemble provient vraisemblablement du nord, mais ce n'est pas prouvé).

Ces conclusions sont donc en désaccord avec l'hypothèse allochtoniste de M. Blumenthal davant laquelle le Professeur Fallot avait dejà émis, dans son magnifique ouvrage sur le Subbétique oriental (29), toutes les pertinentes réserves qui s'imposaient (en particalier pour les Sierras Tercia et Espuña).

Il faut noter ici que nous avons trouvé, Fernex et moi, du Permotrias typique en plein coeur alpujarride, à la Garrucha [1], ce qui est une découverte assez inattendue. Mais là non plus, il ne faut pas à notre avis considérer ce Permotrias comme appartenant à une klippe laissée par l'hypothètique nappe supérieure de Malaga. Nos pensons que, comme à Lorca, il faisait originellement partie de la série stratigraphique alpujarride.

Le style dubitatif que j'ai dû employer pour parler des Alpujarrides orientales montre bien que ces régions sont encore très mal connues et qu'avant de reprendre les diverses hypothèses tectoniques, de nouveaux levés de terrain et l'établissement d'une série stratigraphique détaillee sont indispensables.

Alpujarrides orientales par contre, il est presque toujours lié à des éléments alpujarrides.

1) Il s'agit d'un petit affleurement de Permotrias, sous son facies typique de schistes lie de vin, situé à 2,3 km. au S.-W. de La Garrucha (province d'Almeria, feuille 1:50.000, No. 1015) Ce Permotrias est lié aux dolomies triasiques alpujarrides. Les rapports actuels entre les 2 unités sont complètement bouleversés et on en peut rien conclure.

Chapitre III

LES PHASES DE PLISSEMENTS

L'absence de toute la série secondaire post-triasique dans tout le domaine alpujarride a déjà préoccupé mes prédecesseurs qui en ont donné des explications fort diverses [1]. R. Staub par exemple, suggère que le secondaire alpujarride, chassé vers le nord par la nappe de Malaga, forme actuellement le Subbétique (53). Il y a d'autres explications possibles, dont aucune n'est entiérement satisfaisante (30). Ont peut songer à une émersion dès la fin du Trias, suivie d'une érosion de type karstique; mais personne n'a noté de cheminées karstiques dans le Trías alpujarride.

Si le domaine alpujarride est resté immergé, on peut songer aussi à des courants sous-marins empêchant la sédimentation selon le processus que nous décrivent les sèdimentologues modernes. Bien qu'il semble illogique d'admettre un phénomène pareil sur une étendue aussi vaste que le domaine alpujarride pendant une période aussi longue que celle s'étendant du Trias à l'Helvétien non compris, je ne crois pas les études sédimentologiques suffisamment avancée pour écarter d'emblée cette hypothèse.

Les sédiments synorogéniques étant absents, ce n'est que par comparaison avec les régions avoisinantes que

1) Pour réfuter Banting (6), qui conclut à une orogenèse bétique à la fin du Trias, le raisonnement par l'absurde selon lequel à aucune phase de plissement secondaire un édifice de l'ampleur des Cordillères bétiques n'aurait pu se batir est insuffisant car, comme chacun sait, certaines phases de plissements secondaires ont pu etre localement trés violentes (par exemple le charriage des nappes piéniques dans les Carpathes occidentales est de la phase austrique) (44).

l'on peut reconstituer les phases de plissement des Alpujarrides occidentales.

En étudiant la Sierra Arana, entre Grenade et Guadix, M. Blumenthal et P. Fallot sont arrivés à la conclusion que cette Sierra appartenait au front des Alpujarrides, de la nappe de Lanjaron plus précisement; or ils notent la présence, dans cette unité, de Crétacé et de flysch «très écrasés mais à peu prés certains» (18, p. 68). D'autre part, le Trias alpujarride de la Sierra Arana repose, charrié sur plusieurs km., sur le Nummulitique subbétique (flysch éocène de los Pinares). La mise en place de l'unité alpujarride locale est donc post-éocène.

Il faut encore souligner qu'ailleurs dans le Subbétique, le série secondaire est, à ma connaissance, continue ou presque et que ses différents termes ne présentent pas de discordance entre eux.

Tous ces faits contredisent donc l'hypothère d'une mise en place des nappes au Secondaire comme le voudrait l'école hollandaise. Ainsi, c'est bien au Tertiaire, comme M. Blumenthal et P. Fallot l'ont toujours dit, que s'est construit l'édifice alpujarride.

L'orogénèse alpine s'est exercée par une succesion de phases plus ou moins importantes dont nous allons essayer de définir l'ordre de succession des principales, dans la Sierra Almijara:

On peut ent tous cas distinguer 4 phases successives importantes:

1) Plissement et érosion du substratum de la nappe de Guajar.

2) Mise en place de la nappe de Guajar.

3) Avancée de l'écaille del Sol et de toutes la zone dolomitique cotière qui recouvre la nappe de Guajar [1].

4) Violents plissements posthumes [2].

---

1) La constatation que l'écaille del Sol se joint sans coupure tectonique au flanc sud de l'anticlinal de l'Almijara empêche de considérer cette écaille et les klippes dolomitiques cotières comme transportées sur le dos de la nappe de Guajar.

2) L'adjectif posthume est employé dans le sens large de posté-

Ces phases doivent être datée et là les difficultés sont grandes puisqu'il n'existe sur le terrain étudié aucum sédiment orogénique à l'exception de la molasse, parfois fortement redressée mais qui ne sera que d'un faible secours.

Dans la Sierra Arana, une phase post-sénonienne et anté-lutétienne a été clairement enregistrée (18). Cette phase étant la plus intense qui ait été enregistrée depuis le début du Trias, il parait logique d'admettre que ce paroxysme a correspondu à l'une des 3 phases que l'on peut distinguer dans la Sierra Almijara, bien qu'il y ait un décalage dans le temps entre les phases de plissement bétiques et subbétiques ou, plus généralement, entre le sud et le nord des Cordillères, en tout cas au Miocène (30). Il est probable que c'est à cette avant-phase alpine que s'est façonné le relief qu'a dû surmonter la nappe de Guajar. Contrairement à M. Blumenthal, je pense que cette avant-phase a été peu marquée au sud-ouest de la Sierra Nevada pour les raisons suivantes:

1) Les témoins lutétiens conservés sur le dos du complexe de Malaga reposent sur le Paléozoïque récent systématiquement par l'intermédiaire du Permotrias. La mer lutétienne a donc transgressé sur du Permotrias; c'est un indice que le relief était peu accusé puisque le Permotrias, peu épais, était systématiquement conservé, ce qui annule l'hypothèse de forts plissements entre le Permotrias et l'Eocène [1].

2) D'autre part, la nappe de Guajar est souvent en concordance apparente avec son substratum ce qui suggére qu'elle a rencontré un relief peu accusé (ex.: synclinal Almijara; charriage à 1 km. à l'est de Molvizar; etc...). Le redressement actuel des surfaces de contacts anormaux ne doit pas être attribué toujours au relief préexistant mais bien plutôt aux mouvements posthumes si violents qu'ils

---

rieur aux phases paraissant être les principales: celles de la mise en place de la nappe de Guajar et de l'écaille del Sol.

1) Ces témoins sont fort éloignés les uns des autres. Exemples: Comares, Santopillar (15 km. N.-E. de Malaga), El Palo, etc....,

aboutissent parfois presque à des phénomènes d'involution.

Cette nappe de Guajar s'est mise en place lors d'une fase postérieure, problablement celle qui fut responsable, à l'Oligocène, du chevauchement alpujarride sur le flysch éocène de la Sierra Arana, à Los Pinares (18).

On pense maintenant que les nappes du type alpujarride, c'est à dire immenses et de faible épaisseur, n'ont pu se mettre en place que par gravité. Il faut alors concevoir que lors de la translation de la nappe de Guajar, la zone radicale alpujarride était plus élevée que la zone frontale et, par conséquent, plus intensément offerte à l'érosion. Dans ce cas, le relief qu'a dû rencontrer la nappe de Guajar était plus accentué dans la zone radicale que dans la zone frontale, ce qui confirme l'observation que les klippes actuelles sont, tantôt sur les crêtes (ex.: Guindalera, Entresierras), tantôt au fond des valles (Guajar-Alto), à des altitudes très diverses, sur la côte près des racines.

Mais cette différence d'altitude n'est pas due au seul relief préexistant et je crois que, comme J.-M. Fontboté l'avait pressenti au début de l'étude, il faut attribuer une grande importance aux mouvements postérieurs à la mise en place de la nappe de Guajar. Des synclinaux comme celui de l'Almijara où les plissements tardifs conduisent presque à des phénomènes d'involution dans la nappe de Guajar suffisent à prouver la violence de ces mouvements tardifs.

Les mouvements post-molassiques furent certainement importants. La molasse du bassin de Guajar est fortement redressée. Ce bassin de Guajar ne mesure que 1/2 km.^{2} mais, s'il est permis d'extrapoler un peu les données qu'il fournit, on admettra que la chaîne du Llanadas, entre Guajar et Pinos del Valle, correspond à un fort anticlinal post-molassique.

La phase responsable de cet anticlinal est vraisemblablement la même que celle qui a donné le synclinal néogène d'Orgiva plus à l'est, c'est à dire qu'elle est post-pontienne.

Ainsi donc l'allure des chaînons entre Guajar et Pinos del Valle est-elle due à une phase post molassique importante (comme le prévoit P. Fallot, 30, p 153) d'ont il faut tenir compte lors de la reconstitution du relief qu'a dû surmonter la nappe de Guajar, bien avant le dépot de la molasse.

Cette phase post-molassique est anté-pliocène car le Pliocéne côtier est très faiblement incliné vers la mer et a pu se déposer ainsi. On sait que du Pliocène est plissé selon des directions alpines près de Valence et que du Pliocène marin est signalé à de grandes altitudes près de Valence aussi (36), mais, sur le terrain ètudié ici, on ne trouve rien de cela.

Quatrième partie

CONCLUSIONS

Remarquons que les 4 auteurs s'étant occupés précédement de la région étudiée ici, étant arrivés à 4 conclusions radicalement différentes (J. Sermet: autochtonie. M. Blumenthal: 1 nappe. R. Staub: 2 nappes. Ecole hollandaise: 3 nappes), en ne peut qu'entrer en contradiction avec au moins 3 d'entre eux, ce qui n'est qu'une preuve de la complexité de la région!

A complications tectoniques égales, les cordillères bétiques sont d'ailleurs plus délicates à interprèter que les Alpes. En effet et à l'exception de la Sierra Nevada, l'altitude relative des montagnes est bien moindre que dans les Alpes et le réseau hydrographique ne peut, de ce fait, présenter les profondes vallées fréquentes dans les Alpes et si utiles pour les reconstitutions tectoniques. L'observation est ainsi réduite à un plan subhorizontal et les reconstitutions spatiales plus aléatoires.

L'échelle du 1:50.000^{e} que j'avais adoptée m'a fait négliger bien des régions dont l'étude approfondie donnerait probablement des lumières étonnantes. Je pense surtout aux environs de Las Cazulas Jaloche y compris, et à la région au sud du cortijo de la Almijara qui présente des complications tectoniques très instructives mais invisibles sur une carte au 1:50.000^{e}. Une autre étude qui s'impose maintenant est celle de la région entre Zaffaraya et Jatar où les relations entre le complexe de Malaga et la nappe

de Guajar restent à éclaircir. Il importe aussi de lier entre elles les différentes études sur les Alpujarrides, seule façon de pouvoir tirer des conclusions définitives sur la tectonique de l'ensemble, principalement sur les relais des différentes nappes entre elles. Une étude par coupes minces orientées s'impose également. Bref, il reste beaucoup à faire et il faut souhaiter que l'intéret géologique centré jusqu'à present sur les Alpes suisses et françaises s'étende aux Cordillères bétiques qui ne décevront certes pas. Il faut répéter que ces Cordillères peuvent rivaliser en intéret avec n'importe quelle région de nos Alpes; mais leur étude n'est pas plus avancé actuellement que ne l'était celle des Alpes il y a une trentaine d'années lorsque E. Argand lançait ses grandes théories interprétatives. C'est dire tout l'intéret qu'elles présentent pour quelqu'un qui a quelque expérience des problèmes alpins.

Résumé.

La terminaison occidentale des Alpujarrides est une région de tectonique compliquée où 4 phases de plissements alpins peuvent être mises en évidence.

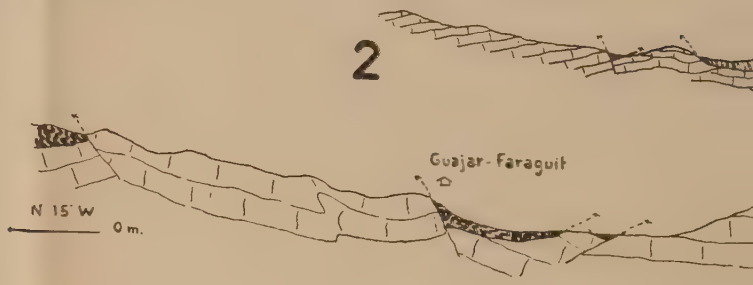
La série stratigraphique comprend des ectinites normales, mal datées, suivies vers le haut par des phyllites partiellement werféniennes, puis par une épaisse série calcaréo-dolomitique de Trias alpin. Toute la série posttriasique jusqu'à la molasse, helvétienne, est absente. Cette absence, générale pour tout le domaine alpujarride, crée des difficultés paléogéographiques encore mal levées.

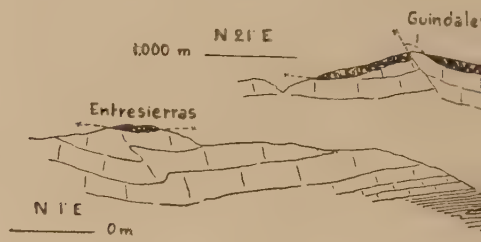
L'immense nappe de Guajar (voir définition p. 40) s'est avancée sur un relief préexistant accusé (notion de «Reliefüberschiebung» ou «charriage épiglyptique» introduite par M. Blumenthal pour les Alpujarrides). La reconstitution de ce relief est difficile car les mouvements posthumes, c'est à dire postérieurs à l'avancée principale de la nappe, ont été violents. D'autre part, l'analyse tectonique est délicate parce qu'elle ne peut pas s'appuyer sur une

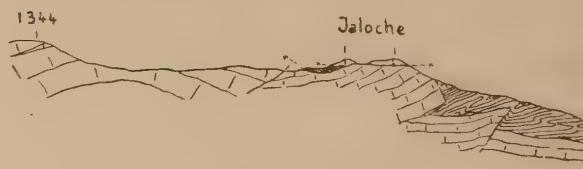
Profils géologiques

à travers et autour de la

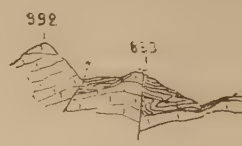
Sierra Almijara

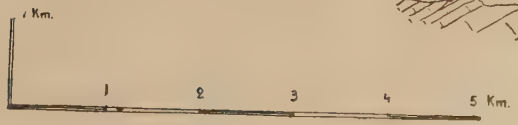


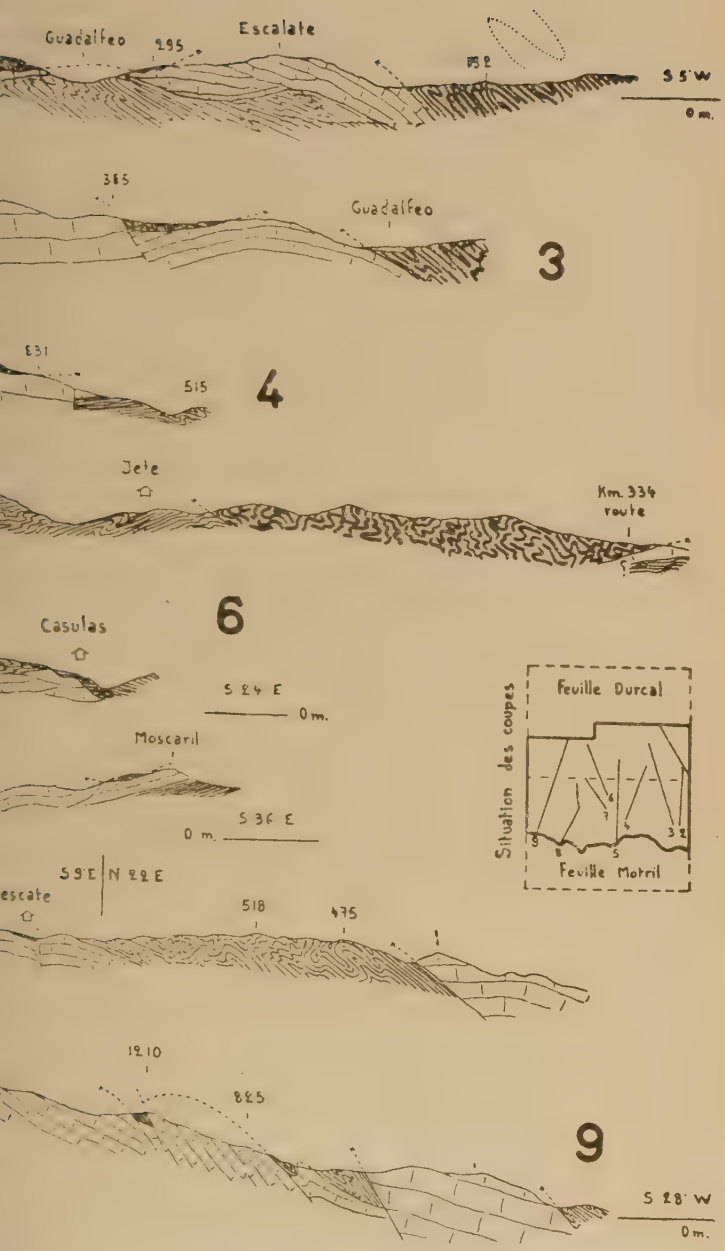




- Trias dolomitique
- Trias calcaire
- Série mixte
- Phyllites (p. parte werfénien)
- Paléozoique récent
- Paléozoique ancier






Guadalfeo
295
Escalate
S 5° W
0 m.
385
Guadalfeo
3
831
515
4
Jete
Km. 334
route
6
Casulas
S 24° E
0 m.
Moscaril
S 36° E
0 m.
S 9° E
N 22° E
escate
518
475
1210
825
9
S 28° W
0 m.
Situation des coupes
Feuille Durcal
Feuille Motril

CARTE MICROTECTONIQUE DE LA SIERRA ALMIJARA

fine stratigraphie, les 3 principales séries (Trias, phyllites, ectinites) étant du type compréhensif.

On peut néanmoins montrer que les nappes alpujarrides n'ont pas la continuité latérale qu'on leur prêtait et que leur nombre dépend de la transversale étudiée car elle se relaient. En règle générale, l'ampleur des charriages diminue d'est en ouest jusqu'à ce que les unités tectoniques se joignent sans discontinuité avec leur substratum. C'est ainsi qu'une des principales nappes alpujarrides, celle de Lanjaron, se sépare de son substratum dès la transversale de Motril. Cet exemple n'est pas unique.

Resumen.

Como ya se sabe, los geólogos que se han preocupado por los Alpujárrides occidentales no están de acuerdo sobre el número de mantos superpuestos unos a otros. Sus opiniones han sido ya dadas en español por el profesor L. Solé Sabarís, lo que me permite entrar inmediatamente en lo vivo del sujeto. Solamente recordaré que los autores holandeses (9, 56) ven tres mantos donde R. Staub ve dos (53) y M. Blumenthal solamente uno (15).

Grosso modo, la serie estratigráfica comprende pizarras paleozoicas seguidas hacia arriba por filitas parcialmente del Werfeniense, y luego por una espesa serie calizo-dolomítica de Trías alpino. La serie post-triásica entera, hasta la molasa helveciense está ausente; esta ausencia que vale para todos los Alpujárrides es muy difícil de explicar paleogeográficamente (ver p.108).

El inmenso manto de Guájar (ver definición p. 39) se ha trasladado sobre un relieve preexistente importante (noción de «Relief überschiebung» o «corrimiento epiglyptico», introducida en los Alpujárrides por Blumenthal). La reconstitución de este relieve es difícil, porque los movimientos póstumos, es decir, posteriores a la avanzada principal del manto, han sido violentos, como ya lo había dicho el profesor J.-M. Fontboté. Por otra parte, el análisis tectónico es delicado porque no puede apoyarse sobre una estratigrafía fina; la importante serie triásica es en efecto monótona y marmorizada. Sin embargo, se puede demostrar que los mantos alpujárrides no tienen la continuidad que se les prestaba y que su número depende

de la transversal estudiada porque se relevan. En general, la amplitud de los cabalgamientos disminuye de este a oeste hasta que las unidades tectónicas se juntan sin discontinuidad con su substratum. Así es que uno de los principales mantos alpujárrides, el de Lanjarón, se bifurca de su substratum, el complejo de Lújar, desde la transversal de Motril (p. 41). Este ejemplo, que ya ha sido objeto de una nota [1], no es único.

Estratigrafía.—El *Paleozoico* está formado por neises y pizarras cristalinas ya descritas en parte por D. Orueta (43). Los neises que Blumenthal llamaba «neisses d'Almuñécar» y las pizarras con las cuales alternan, provienen probablemente de una serie comprehensiva originalmente formada de areniscas y de arcillas, mal datadas, pero probablemente ante-gothlandiense (ver p. 99). Esas rocas son ectinitas normales de la secuencia aluminosa (de la clasificación de Jung et Roques) (40).

Entre los neises y las filitas se pueden distinguir tres grupos de rocas poco diferentes entre sí: pizarras de Jete, pizarras del Velilla y cuarcitas de la Mona; esos tres grupos de rocas son de la misma edad; siendo entre los neises probablemente ante-gothlandienses y las filitas parcialmente werfenienses, se les puede clasificar en el Paleozoico reciente. Las cuarcitas de la Mona representan la secuencia arenácea de una zona de isometamorfismo a la cual pertenecen también las pizarras de Jete y del Velilla (p. 20).

Existe una continuidad estratigráfica entre las filitas y los neises; pero esta continuidad está oculta por el hecho que el papel mecánico de las dos unidades es completamente diferente, y no parece ser el resultado de diferencias de plasticidad. En efecto, las filitas y las pizarras de Jete y del Velilla, que son el resultado del metamorfismo de las filitas, están casi siempre bajo la forma de grandes series isoclinales. Por el contrario, los neises están completamente desordenados de tal forma que, a pesar de una multitud de medidas, no se encuentra ninguna línea directora de plegamientos La primera idea que viene a la mente como explicación de esta diferencia de conducta mecánica es que los neises han sido plegados por otra orogenia que las filitas, es decir, herciniana o caledoniana.

---

1) Debido a errores de impresión, el mapa anexo a esta nota no sirve.

Pero si las filitas son parcialmente del Werfeniense (por su posición y por el yeso que contienen), esto implica la ausencia de esas orogenias por motivo de la continuidad estratigráfica entre las filitas y los neises. Hay que preguntarse entonces si esa continuidad no es solamente aparente y si las filitas parecen concordantes solamente después de una convergencia de facies debida al metamorfismo alpino, convergencia supuesta ocultando una eventual discontinuidad original. Pero Argand ha mostrado que un material muerto, es decir un material que ha sufrido ya una orogenia, se pliega a la orogenia siguiente según líneas directoras de plegamientos diferentes a las antiguas. Ahora bien, en los Alpujárrides occidentales, los ejes de plegamientos son los mismos en las dos series, es decir oeste-este, lo que confirma que la orogenia herciniana fué nula o poco marcada.

El Trías.—Los autores precedentes, turbados por la complejidad de los accidentes tectónicos, han dividido el Trías de los Alpujárrides, de facies alpina, en solamente dos unidades: el macizo calizo-dolomítico y, abajo, la zona filitosa supuesta parcialmente o totalmente del Werfeniense. El macizo consta de una serie de calizas y dolomías de más de un kilómetro de espesor. Aparte de algunos yacimientos de Megalodones, muy deformados (p. 27), no he encontrado fósiles típicos. La serie es bastante marmorizada, de tal modo que una muestra de roca no basta para saber si estamos en la parte superior o inferior de la serie. Existe un claro aumento de metamorfismo desde el este hacia el oeste de los Alpujárrides occidentales; este aumento está acompañado por cierta dolomitización sin que haya necesariamente relación de causa a efecto.

El carácter comprehensivo de la serie no era favorable para establecer una estratigrafía fina. Lo único que pude hacer fué separar las calizas de las dolomías. Las dolomías con Megalodones son probablemente del Noriense, por razón de homología con los otros macizos dolomíticos del Mediterráneo occidental. Existen también carñiolas (p. 29).

Pienso, después del profesor Fontboté, que la ausencia de todos sedimentos desde el Trías hasta el Mioceno puede eventualmente explicarse por una emersión provocada por un pliegue de fondo al final del Trías. Pero no hay pruebas (p. 108).

Existe en Guájar-Feraguit una pequeña cuenca del Helveciense, con fósiles y corales gigantes típicos (p. 32).

Corrimiento epiglyptico (=Reliefüberschiebung).- Sabemos ahora que una orogenia puede manifestarse en una serie de fases tectónicas separadas por largos períodos de tranquilidad durante los cuales trabaja la erosión. Se comprende entonces que los mantos de una fase diferente a la primera tienen que sobrepujar un relieve preexistente que en algunos casos puede ser muy abrupto. De esta concepción ha nacido la noción de corrimiento epiglyptico imaginada por O. Ampferer y aplicada a las cordilleras béticas por M. Blumenthal. En los Alpujárrides occidentales existen tales fenómenos de corrimientos. Se encuentran en efecto klippes de Paleozoico sobre el Trías, algunas veces en las cumbres, otras en el fondo de los ríos (p. 56). Otras veces parece que el Paleozoico se ha puesto en depresiones y que el substratum emerge en ventanas tectónicas como islas.

Microtectóuica.—He notado sistemáticamente los ejes de plegamientos, las diaclasas, la alineación y la orientación de las superficies de contactos anormales. Pero no se deduce casi nada de las características de la (o de las) orogenia. Esto debe provenir de que los movimientos póstumos han sido tan violentos que han suprimido toda ley de repartición de los esfuerzos tectónicos. Se puede objetar que los plegamientos póstumos se encuentran usualmente con un gran rayo de curvatura y que no pueden suprimir una ley de repartición de esfuerzos. Pero en la región bética que nos ocupa, los plegamientos póstumos han sido violentísimos, como ya lo había dicho el profesor J.-M. Fontboté. Además, los ejes de esos plegamientos póstumos han sido muy trastornados, lo que explica que un estudio microtectónico no dé resultados muy buenos (p. 92).

Fases de plegamientos.— La orogenia alpina se ha manifestado por una serie de fases más o menos importantes, de las cuales se pueden reconocer por lo menos cuatro.

En la primera se ha plegado, y consecuentemente se ha erosionado, el conjunto que servirá de substratum al manto de Guájar, que se ha trasladado durante la segunda fase sobre el relieve preexistente. En la tercera, se ha trasladado la escama del Sol y toda la

zona costera dolomítica, en la cual se encuentran klippes entre Almuñécar y Motril (p. 83). La cuarta fase corresponde a los plegamientos póstumos *sensu lato*. Claro que, en realidad, ha habido más fases y que cada una de estas fases principales representa otras más pequeñas y menos notables.

Estas fases deben ser datadas, pero existen grandes dificultades en hacerlo porque no existen terrenos orogénicos, salvo la molasa, que no basta. De todos modos hay una cierta probabilidad de que el manto de Guájar se ha puesto en su sitio durante el Oligoceno.

Algunos autores, tales como Banting, han concluído que el edificio bético fué construído durante el Secundario. Para contradecirlo no basta decir que solamente durante el Terciario puede construirse un edificio de la grandeza de las Cordilleras; en efecto, puedea existir ejemplos de corrimientos importantes en el Secundario también, por ejemplo en los Cárpatos (44).

Pero bastará una observación para concluir que es realmente y enteramente durante el Terciario que han tenido lugar los corrimientos béticos. Vemos, en efecto, que los raros afloramientos de Eoceno sobre el Bético de Málaga están siempre ligados al Permotrías, que es muy delgado; eso no podría ser sistemáticamente el caso si hubiera habido una orogenia entre el Permotrías y el Eoceno.

El manto de Málaga.—El complejo llamado Bético de Málaga (o manto de Málaga), descrito por M. Blumenthal (11 y 12), consta de pizarras metamórficas, seguidas hacia arriba por pizarras, calizas alabeadas y grauwackas. Una serie transgresiva empieza por Permotrías color hez de vino, localmente acompañado por Muschelkalk, Lías o Luteciense.

Tectónicamente, este complejo fué separado de los Alpujárrides por motivo de la diferencia de facies existente entre su Permotrías y el Trías alpino alpujárride. El cambio de facies de un tipo o otro debería hacerse en 15 Km. aproximadamente, lo que fué considerado como poco admisible por Blumenthal. Eso es pues, el motivo por el cual el Bético de Málaga fué separado de los Alpujárrides, que están por debajo.

Existe también cierta diferencia de facies entre el Paleozoico reciente alpujárride (pizarras con epidota, cuarcitas, etc...) y el Pa-

leozoico reciente del Bético de Málaga (grauwackas, calizas, etc...). Pero me parece que eso no basta para separar el manto de Málaga del manto de Guájar, aunque este último sea alpujárride (ver p. 98).

En la región de Maro (prov. Málaga, hoja 1.055, Motril), el Paleozoico del complejo de Málaga pasa progresivamente hacia arriba a cuarcitas y pizarras típicamente alpujárride (p. 96). En otros sitios, se pueden abservar también sedimentos alpujárrides dentro del complejo. Como el complejo de Málaga es el más elevado de las unidades béticas, en la hipótesis de Blumenthal, sus raíces son las más meridionales, es decir, que están al sur de las raíces alpujárrides y al norte del «bourrelet liminaire africain», del cual habla el profesor P. Fallot (27). Este complejo de Málaga tiene 450 Km. de largo, y por consiguiente pueden tener lugar importantes pasajes de facies. Y es precisamente en lo que me fijo, es decir, que haya habido un pasaje de facies entre el Paleozoico del complejo y el Paleozoico alpujárride. Este pasaje de facies ha sido del este al oeste. En resumen, pienso que en vez de provenir del sur de los Alpujárrides, el Paleozoico y todos los sedimentos del complejo de Málaga se han depositado al oeste de los Alpujárrides (ver p. 97).

La ventana tectónica de Benamargosa. – En Benamargosa (p. 103), cerca de Vélez-Málaga (prov. Málaga), existe una ventana tectónica que no había sido señalada y que es de una importancia muy grande. El Trías alpujárride, es decir, de facies alpino, aparece bajo el complejo de Málaga. El corrimiento del manto de Málaga no era cierto en esta región y solamente se podía deducir de las observaciones hechas por M. Blumenthal más al oeste (12). Benamargosa es el único punto donde aparece el Trías alpino entre los Alpujárrides y las Rondaides, cuya distancia es de 62 Km. La ventana de Benamargosa, aunque muy pequeña, es de tanta importancia como la de Albuñol, en los Alpujárrides.

Sierra Nevada no me parece ser una ventana tectónica, sino más bien el corazón de un anticlinal. Para simplificar así el grandioso esquema bético, basta una sola condición: suprimir la diferencia de facies existente entre la «Mischungszone» supuesta triásica y el Trías alpino que está sobre ella. Por eso se puede muy bien con-

siderar la «Mischungszone» como de edad permiana, pues no hay ningún argumento en contra (ver p. 104).

Alrededor del núcleo paleozoico de Sierra Nevada, la serie alpujárride es generalmente doble, es decir que se repite la sucesión habitual: calizas triásicas encima de filitas azules. La serie superior solamente me parece corrida, empujada hacia Sierra Nevada.

La observación de que la amplitud de los corrimientos alpujárrides aumenta desde el oeste hacia el este vale por el oeste de la transversal de Sierra Nevada. Al este, es posible que sea lo contrario. Se puede considerar como hipótesis de trabajo una amplitud máxima de los corrimientos sobre la transversal ya mencionada. La surrección actual de Sierra Nevada sería debida en este caso a la compensación isostática motivada por una acumulación de material que proviene del sur de esta sierra. Pero hay que cartografiar detallada y sistemáticamente los alrededores de esta sierra discutida para que esta idea no quede como pura hipótesis de trabajo.

A continuación describo rápidamente las tres grandes carreteras que atraviesan el territorio.

Carretera Granada-Motril.—Empezaremos esta descripción rápida por la región de Isbor. Después de haber estado desde Granada casi siempre en el Mioceno, se llega en el Km. 475,8 a un macizo dolomítico triásico, cuya interpretación ha sido ya comentada por M. Blumenthal (15) y K. W. van Bemmelen (9). Para Blumenthal este macizo de Isbor pertenece al substratum del manto paleozoico de Guájar (de Gádor para él, ver p. 39), manto que se atraviesa un poco más abajo hasta el puente de Ifo sobre el río Isbor. En la opinión de van Bemmelen, al contrario, el macizo pertenece a la cobertura triásica del manto superior de Guájar. El estudio detallado de este macizo muestra que en realidad las mismas pizarras paleozoicas están por encima y por debajo del macizo; se encuentra, por ejemplo, paleozoico en el fondo del barranco de Zaza, que corta el macizo por su mitad, bajo el aspecto de una ventana tectónica. Creo por consiguiente que este macizo puede ser considerado como envuelto en el Paleozoico. Debe haber sido arrancado del substratum triásico por el potente conjunto corrido paleozoico (p. 48). Puede parecer un poco atrevida esta concepción, pero en los mantos piénicos, en

los Cárpatos, existen fenómenos semejantes. La misma interpretación es válida para el pequeño macizo dolomítico del Km. 477,4.

Si se mira hacia el oeste desde el Km. 491, un poco al sur de Vélez-Benaudalla, se observa el panorama siguiente: 50 m. sobre el lecho del río Guadalfeo corre horizontalmente una hilada delgada de calizas triásicas, bajo la cual aparecen las filitas azules. Esta hilada es continuación de las calizas que forman las cumbres y pertenece a la misma unidad tectónica. Sobre la hilada descansa Paleozoico pizarroso, que está claramente corrido sobre el Trías. La superficie de contacto anormal entre las dos unidades no es, ni mucho menos, horizontal, como parece desde lejos, sino que baja fuertemente hacia el observador, es decir, hacia el este. Tenemos aquí' creo, un ejemplo muy bueno de corrimiento epiglyptico (p. 45).

Siguiendo la carretera hacia Motril, se atraviesa una serie de filitas azules que parecen isoclinales. En el Km. 492,6 una cantera de yeso hace suponer que esas filitas son probablemente werfenienses, porque el yeso no debe ser paleozoico. Todo el Trías calizo está encima de las filitas, cuya cobertura estratigráfica despegada por plegamientos disarmónicos, representa. Dos kilómetros antes de Motril, se penetra sobre neises con granates y andalucita pertenecientes al Paleozoico inferior del manto de Guájar, que descansa sobre el Trías.

Carretera Motril-Nerja. – De Motril hasta Almuñécar, se atraviesa la zona radical del manto de Guájar, formada por neises con granates y andalucita. De vez en cuando se encuentra un afloramiento de dolomías blancas del Trías, por ejemplo en Salobreña. Esas dolomías pertenecen a una escama destacada del substratum triásico y puesta en su sitio durante una fase de plegamientos posterior a la del corrimiento del manto de Guájar. En el Km. 333 aparece el substratum de este manto, bajo la fórma de dolomías triásicas y de pizarras con epidota, un poco más metamórficas que las filitas azules del Werfeniense. Más lejos, la Punta de la Mona y el Cerro Gordo están formados por el Trías de la misma unidad tectónica que el Trías de Salobreña, es decir, perteneciendo a la escama llamada «escama del Sol», del nombre de una cumbre local (p. 84).

Desde el Km. 311 y hasta Maro se circula sobre Paleozoico, que descansa sobre la escama triásica, y que por lo tanto pertenece al manto de Málaga, de Blumenthal.

Carretera Granada-Almuñécar.—Después de haber dejado el Mioceno de la vega granadina, se penetra sobre dolomías blancas triásicas, y después de pasar una «klippe» de Paleozoico en el Km. 16 se llega a una meseta, a la altura de 1.200 m., más o menos, que consta sobre todo de Trías, sobre el cual descansan afloramientos de Mioceno y «klippes» de Paleozoico, bastante mezclado con su substratum por los movimientos póstumos.

En el Km. 28, cerca del cjo. de los Prados, se llega al límite de separación de las aguas tributarias, del mar al sur y de los ríos, circulando en la vega granadina a 600 m. de altura, al norte, lo que explica la diferencia morfológica entre las dos partes. Se baja fuertemente en las dolomías, probablemente del Noriense, en las cuales se han encontrado Megalodones (p. 27). Pasada una pequeña falla en el Km. 33 llegamos al Jaloche, que consta de una «klippe» dolomítica que descansa sobre filitas azules también corridas, o sobre calizas triásicas.

Más abajo estamos en la región de las Cásulas, que M. Blumenthal ha señalado como representativa de corrimientos epiglypticos. En cuanto a mí no veo aquí corrimientos epyglypticos sino un país parautóctono donde los contactos anormales resultan más bien de fenómenos disarmónicos y de movimientos póstumos (p. 59).

BIBLIOGRAPHIE

1. Alastrué, E.: «Estructura de las Cordilleras Subbéticas en su sector central».—Est. geológicos. Barcelona, 1948.
2. Alastrué, E.: «Las unidades estructurales de las Cordilleras Béticas según los estudios del Dr. Blumenthal».—Bol. Inst. Geol. Min. España, T. LXII, Madrid, 1949.
3. Alvarado, A. de: «Nota acerca de un yacimiento de lignito en términos de Arenas del Rey, Jatar y Jayena (Granada)».—Bol. Inst. Geol. Min. España. Madrid, 1918.
4. Alvarado, A. de: «Zona oriental de Málaga. Notas sobre su estratigrafía y descripción de algunos yacimientos metalíferos».—Bol. Inst. Geol. Min. España. Madrid, 1920.
5. Ansted, D. T.: «On the geology of Malaga and the southern part of Andalucía».—Quarterly Journal of Geol. Soc., No. 60, Londres, Fev. 1859, et Revista Minera, T. II, Madrid, 1860.
6. Banting, A. H.: «Der bau der betischen Cordilleren und ihre Stellung im Mediterranen Orogen».—Geol. Rundschau, Bd. XXIV, 1933.
7. Banting, A. H.: «Sur le pli-nappe de Lujar-Gador (Cord. bétiques)». — Proceed. Konnin. v. Wettensch. Amsterdam, Vol. XXXVI, No. 1.
8. Barrois, C., et Offret, A., etc.: «Mission d'Andalou-

sie».—Mém. Ac. Sc. Inst. Nat. France, T. XXX, No. 2, Paris, 1889.

9. Bemmelen, van K. W.: «Bijdrage tot de Geologie der Betische Ketens in der provincie de Granada».—Thèse, Delft 1927, 1 carte, 15 photos, 10 fig.
10. Bemmelen, van K. W.: «Gravity field and orogenesis in the West-Mediterranean region».—Geologie en Mijnbouw. Vol. 14, No. 8. La Haye, Août 1952.
11. Blumenthal, M.: «Versuch einer tektonischen Gliederung der betische Cordilleren von Central —und Sudwest— Andalusien».—Eclogae Geol. Helv.; Vol. XXI, 1927.
12. Blumenthal, M.: «Beitrage zur Geologie der betischen Cordilleren beiderseits des río Guadalhorce».—Eclogae Geol. Helv., Vol. XXIV. 1930.
13. Blumenthal, M.: «Das Westende des Betikums Nordlich dem Campo de Gibraltar».— Géol. ch. bét. et subbét., Vol, IV, No. 2, Part. II. 25 Juin 1931.
14. Blumenthal, M.: «Géologie des chaînes pénibétiques et subbétiques entre Antequera et Loja et les zones limitrophes (Andalousie)».—Bull. Soc. Géol. France, 1931, No. 1, p. 23-94, 3 pl., 4 fig.
15. Blumenthal, M.: «Reliefüberschiebungen in den westlischen betischen Cordilleren». — Geol. chaînes bét. et subbét., Vol. IV, No. 8, part. II. Barcelona, 1935, p. 3-28, 7 pl., 14 fig.
16. Blumenthal, M.: «Zur Mechanik der Reliefüberschiebungen». — Eclogae Geol. Helv., Vol. XXVIII, No. 2, 1935, p. 548-550.
17. Blumenthal, M.: «Estudio geológico de las cadenas costeras al oeste de Málaga, entre el río Verde y el río Guadalhorce».—Traduit par E. Alastrué et J.-M. Ríos. Bol. Inst. Geol. Min. España, T. LXII. Madrid, 1949.
18. Blumenthal, M., et Fallot, P.: «Observations géologiques sur la Sierra Arana entre Grenade et Guadix» —Mem. Soc. Esp. Hist. Nat., T. XVII, Memoria I. Madrid, 1935, p. 9-74, 9 pl.

19. Brouwer, H. A.: «Zur Tektonik der betischen Kordilleren». — Geol. Rundschau, Bd. XVII, 1926, p. 331-336, 1 pl., 1 fig.
20. Cloos, E.: «Lineation». — Geol. Soc. of America, Mem. 18, Mai 1946.
21. Copponex, J.-P.: «Sobre un sistema de relieve de mantos en los Alpujárrides occidentales». — A paraitre dans: Notas y Comunicaciones del Inst. Geol. Min. España. 1958.
22. Cubillas Jiménez, I.: «Sobre la estructura del borde septentrional de Sierra Nevada». — Bol. Univ. Granada. A, XIV, Dic. 1942, No. 71.
23. Dedem (Baron van): «Der geologische Bau der Sierra Tejeda». — Geol. ch. bét. et subbét., Vol. IV, No. 1, part. II, 1935, p. 3-9, 1 carte.
24. Durand Delga, M.: «Etude géologique de l'ouest de la chaîne Numidique». — Bull. Serv. Carte Géol. Algérie. Alger, 1955.
25. Fallot, P.: «Essai sur la répartition des terrains secondaires et tertiaires dans le domaine des Alpides espagnoles. Le Trias». — Géol. ch. bét. et subbét., Vol. IV, No. 1, part. II, 1931, p. 1-31.
26. Fallot, P.: «Essai de définition des traits permanents de la paléogéographie secondaire dans la Mediterranée occidentale». — B. S. G. F. (5), 11, 1932.
27. Fallot, P.: «Essai sur la géologie du Rif septentrional». — Mém. Serv. mines et carte géol. Maroc, No. 40. Rabat, 1937.
28. Fallot, P.: «Les phases orogéniques dans l'ensemble des Cordillères bétiques». — C. R. Ac. Sc., T. 219. Paris, 1934, p. 337.
29. Fallot, P.: «Estudios geológicos en la zona subbética entre Alicante y el río Guadiana Menor». — Publ. Cons. Sup. Inv. Cient. Madrid, 1945.
30. Fallot, P.: «Les Cordillères bétiques». — Estudios geológicos. Barcelona, 1948, p. 81-172, 1 carte, 2 pl., 12 fig.
31. Fallot, P.: «Comparaison entre cordillères bétiques

et Alpes orientales».—T. hom. H. Pacheco. Real Soc. Hist. Nat. Madrid, 1954.

32. Fallot, P., et Marín, A.: «La Cordillera del Rif».—Mem. Inst. Geol. Min. España. Madrid, 1939.
33. Fallot, P., Solé Sabarís, L., et Lemoine, M.: «Observations sur le Trias bétique et ses algues calcaires». — Mem. y Comunicaciones Inst. Geol. Provincial, T. XI. Barcelona, 1934.
34. Fernex, F.: «Quelques observations sur les Cordillères Bétiques orientales, en particulier la région de Lorca».—Trav. dipl. non publié. Univ. Genèv. Lab. Géol. 1957.
35. Fontboté, J.-M. (in litt.): «Sobre la tectónica de Sierra Nevada».—Reseñas y conf. Inst. Lucas Mallada, Cons. Sup. Inv. Cient. Madrid, 1957. (Comunicación presentada a la I Reunión Int. del Terciario del III Curs. Int. Sabadell. Julio, 1956.)
36. Gignoux, M., et Fallot, P.: «Contribution à la connaissance des terrains néogènes et quaternaires marins sur les côtes méditérrannéennes d'Espagne».—C. R. XIV Congr. Geol. Int. Madrid, 1926, 39 fig.
37. Gonzalo y Tarín, J.: «Reseña física y geológica de la provincia de Granada».—Bol. Com. Mapa Geol, España, T. VIII. Madrid, 1881, p. 1-131, 1 lám.
38. Hernández Pacheco, E.: «Las costas de la Península Hispánica y sus movimientos».—Congr. Lisboa, As. Esp. Progr. Cienc., T. V, part. II.
39. Jansen, H.: «De Geologie van de Sierra de Baza en van de aangrenzende gebieden der Sierra Nevada en Sierra de los Filabres (Zuid Spanje)».—Thèse. Amsterdam, 1936.
40. Jung, J., et Roques, M.: «Introduction à l'étude zonéographique des formations cristallophylliennes».—B. S. G. F., No. 235, T. L. 1952.
41. Mallada, L.: «Explicación del mapa geológico de España».—Mem. Com. Mapa Geol. España, T. IV. Madrid, 1902, p. 243.

42. Oulianoff, N.: «Écrasement sans trituration et mylonitisation des roches».—Eclogae Geol. Helv., Vol. 47, No. 2, 1954.
43. Orueta, D.: «Estudio petrográfico de la Sierra Almijara y de la parte oriental de Sierra Nevada y las Alpujarras».—Bol. Inst. Geol. España, T. XVIII. Madrid, 1922.
44. Parejas, E.: «La tectonique transversale de la Turquie».—Publ. Inst. Geol. Univ. Istambul, 1940.
45. Rubio, J.-M., y Gavala, J.: «Yacimientos de molibdeno en las provincias de Granada y Almería».—Bol. Inst. Geol. Min. España. Madrid 1918.
46. Sermet, J.. «Le relief de la Sierra Contraviesa (Alpujarris) et l'absence de nappes de charriage».—Bol. Soc. Esp. Hist. Nat. 1934, p. 237.
47. Sermet, J.: «Sobre unos vestigios de topografía glaciar en la Sierra Tejeda (Andalucía)».—Bol. Soc. Esp. Hist. Nat. 1934, p. 187-192.
48. Sermet, J.: «La côte méditérrannéenne d'Andalousie, entre Malaga et Almeria, étude morphologique». Congr. Geogr. Varsovie, 1934, p. 300.
49. Sermet, J.: «Un cas de morphologie littorale hérité sur le côte de Grenade».—R. Soc. Hist. Nat.. tomo homenaje a Ed. H.-Pacheco. Madrid. 1954.
50. Solé Sabaris, L.: «Estado actual de nuestros conocimientos sobre los Alpides españoles».—Bol. Universidad de Granada, A. XLV. No. 71, 1942.
51. Solé Sabaris, L., y Moreno. I.: «Bibliografía geológica y fisiográfica de las cordilleras béticas».— Bol. Univ. Granada, A. XIV. No. 71, 1942.
52. Staub, R.: «Ideas sobre la rectónica de España».—Traduit par T. F. Carbonell. R. Acad. Ciencias, bellas letras y nobles artes de Córdoba. 1927.
53. Staub, R.: «Der Deckenbau Sudspaniens in den Betischen Cordilleren».—Vierteljahresschr. d. Naturforsch. Gesellsch. T. LXXIX. Zurich, 1934, p. 471-474, 1 pl.
54. Vallet, J.-M.: «Etude géologique et pétrographique

de la partie inf. du Val d'Hérens et du Val d'Hérémence (Valais)».—Thèse. Genève, 1950.

55. Vibnnot, P.: «Observations géologiques dans la région de Grenade». — Livre jubilaire Soc. Géol. France, 1930,

56. Westerwbld, J.: «De bouw der Alpujarras en het tektonische Verband der Oostelijke betische Ketens». Thèse. Delft, 1929, p. 1-117, 1 carte, 1 tabl., 23 photos, 5 fig.

57. Zermatten, H. L. J.: «Geologische Onderzoekingen in de Randzone van het Venster der Sierra Nevada (Spanje)».—Thèse. Delft, 1929.

CARTE GEOLOGIQUE
ALPUJARRIDES OCCIDENTALES

par J. P. Copponex

ECHELLE

2 0 2 4 6 8 10

Albuñuelas

Zafarraya · Alcaucin · Canillas de Aceituno · Competa · VELEZ-MALAGA · Torre del Mar · Jayena · Jatar · Sierra Tejeda · Sierra Almijara · Río Higueron · Río Chillar · Río Algarrobo · Río Rubite · Río Seco · Río Torrox · TORROX · Soyatonga · Frigiliana · Nerja · Maro · Río de la Venta · Río Grande · R. Albuñuelas · Pinos del Valle · Isbar · Beznar · Lanjaron · Sierra Nevada · Lanjaron Chico · Río Guadalfeo · Guajar Alto · Guajar Faragüit · Guajar Fondon · Velez de Benaudalla · Jete · Molvizar · Almuñecar · Solobreña · MOTRIL · Lujar · ALBUÑOL · La Cornatillo · Gualchos · Calahonda

PLIO-QUATERNAIRE
z, Polje de Zafarraya
Pl, Pliocène

MIOCÈNE
(p. parte helvétien)

JURASSIQUE
Pénibétique

COMPLEXE DE MALAGA

NUMMULITIQUE
Facies flysch
e, calc. eocene

PALÉOZOIQUE RÉCENT
Permotrias

PALÉOZOIQUE ANCIEN
(Micaschistes inf.)

ALPUJARRIDES

TRIAS CALCAREO-DOLOMITIQUE

PALÉOZOIQUE RÉCENT ET PHYLLITES
w, Werfénien

PALÉOZOIQUE ANCIEN
(Micaschistes inf.)

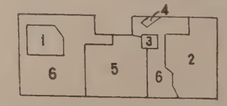
COMPLEXE DE SIERRA NEVADA

MICASCHISTES ET GNEISS
Ms, Mischungszone

CONTACTS
1, Normal
2, Anormal

Tracés geologiques d'après:

1.- M. Blumenthal (100.000)
2.- J. Westerweld (50.000)
3.- K. W. v. Bemmelen (20.000)
4.- H. L. J. Zermallen (16.666)
5.- J. P. Copponex (50.000)
6.- id. levés rapides.



CARTE GEOLOGIQUE DE LA SIERRA ALMIJARA

par J. P. Copponex

1 0 1 2 3 4 5 Km.

Loma del Aguila
Tr
Tn
Td
Tm
Tc
Tp
Sj
Eb
Pm
Pl
Sv
Tf
Mn
Pb, Zn
Fe
Fe, Mo, Pb
Co, Cu
Casería de Uboras
Navachica
Cortijillo de la Almijara
Peñon de los Castillejos
Alto del Barranco del Pino
El Cerval (Cortijada)
Sol
Maro
Lopera
El Cañuelo
Cjo de los Prados
Cjo de Aguas Blanquilas
Barranquillo del Agua
Cjo de Lisardo
Fuente de las Viboras
Cjo de Melios
Cjo de la Burra
Cjo de Cazulas
Pico del Pinar de Torillas
Lentegi
Olivar
Etª de S. Jorge
Jete
Itrabo
Molvizar
Guajar Alto
Guajar-Faragüit
Guajar-Fondon
Guindalera
Tesoro
Loma de Espartinas
Lobres
Pinos del Valle
Cruero de Pinos
Giralda
Llamadas
Rambla Seca
Cruz de Chiquita
Cabezuelas
Tejarillos
Olivares
Galbanares
Almijara
Arroyo de la Miel
Colmenarejos
Camino de Maro
Camino de Lentegi
Rambla de Molvizar
Río de Guajar Alto a Guajar Fondon
Río de Guajar Alto a Guajar Faragüit
Río de Guajar Alto a Itrabo
Río de Lentegi a Itrabo
Río de Lentegi a Jete
Río de Jete a Molvizar

SIGNES CONVENTIONNELS

- Pendages
- Fossiles
- Mines (avec symbole chimique du metal)
- Sources
- Zones d'écrasement
- Failles